

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有權機關
國際事務局



(43) 國際公開日
2004 年 1 月 29 日 (29.01.2004)

PCT

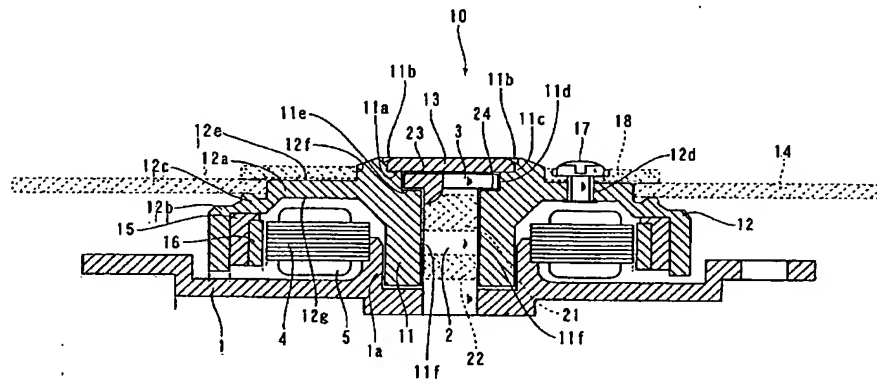
(10) 国際公開番号
WO 2004/010014 A1

- | | | |
|---|-------------------------------|--|
| (51) 国際特許分類 ⁷⁾ :
17/22, H02K 7/08, 15/14, 21/22 | F16C 17/10, | (71) 出願人 および
(72) 発明者: 横尾 嘉也 (YOKOO, Yoshinari) [JP/JP]; 〒399-4117 長野県 駒ヶ根市 赤穂 1 4 6 1 6-5 3 6 Nagano (JP). |
| (21) 国際出願番号: | PCT/JP2003/009141 | |
| (22) 国際出願日: | 2003 年 7 月 18 日 (18.07.2003) | (74) 代理人: アイアット国際特許業務法人 (IAT WORLD PATENT LAW FIRM); 〒160-0023 東京都 新宿区 西新宿 4 丁目 3 2 番 1 1 号 新宿セントビラ永谷 2 1 3 号 Tokyo (JP). |
| (25) 国際出願の言語: | 日本語 | |
| (26) 国際公開の言語: | 日本語 | |
| (30) 優先権データ: | | (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, |
| 特願2002-210135 | 2002 年 7 月 18 日 (18.07.2002) | JP |
| 特願2002-350855 | 2002 年 12 月 3 日 (03.12.2002) | JP |
| 特願 2002-377238 | 2002 年 12 月 26 日 (26.12.2002) | JP |

[続葉有]

(54) Title: DYNAMIC PRESSURE BEARING DEVICE, SPINDLE MOTOR, DISK DRIVE DEVICE, AND METHOD OF MANUFACTURING DYNAMIC PRESSURE BEARING DEVICE

(54) 発明の名称: 動圧軸受装置、スピンドルモータおよびディスク駆動装置ならびに動圧軸受装置の製造方法



(S7) Abstract: A dynamic pressure bearing device and a spindle motor used for a magnetic disk drive device capable of increasing an impact resistance, reducing A-PRO (oscillating motion of shaft), reducing a variation in rigidity of bearings against a variation in temperature, suppressing a current loss, and reducing a size and a thickness, the spindle motor as one embodiment wherein a thrust plate and a shaft are formed of a stainless steel integrally with each other to form a first integral member, a sleeve and a hub are formed of an aluminum silicon alloy integrally with each other to form a second integral member, the coefficient of linear expansion of the first integral member is set within $17 \times 10^{-6} \pm 5\%$, the coefficient of linear expansion of the second integral member is set within $14 \times 10^{-6} \pm 5\%$ within the range of 0 to 100 °C, the inner diameter of the sleeve is set within the range of 0.6 to 3 mm, the axial thickness of a thrust plate portion is set to 0.1 to 0.7 mm, the hardness of the second integral member is reduced less than that of the first integral member, a dynamic pressure groove for radial bearing is provided at the portion thereof opposed to the shaft, a first thrust dynamic pressure groove is provided at the position of the counter plate opposed to the thrust plate, and a second thrust dynamic groove is provided at the sleeve portion thereof.

(57) 要約: 本発明は、たとえば、磁気ディスク駆動装置に使用される動圧軸受装置やスピンドルモータ等に関し、耐衝撃性を向上させ、A-RRO（軸の揺動運動）を小さくでき、温度変化に対する軸受け剛性の変化を小さくし、しかも電流ロスを押さえることができ、小型化、薄型化が可能となるものである。このスピンドルモータの1例は、スラスト板とシャフトとをステンレス鋼にて一体形成して第1の一体部材

[統葉有]

WO 2004/010014 A1



SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

とし、スリーブとハブとを、アルミシリコン合金にて一体形成して第 2 の一体部材とし、第 1 の一体部材の線膨張係数を 1.7×10^{-6} プラス／マイナス 5 % 以内とし、第 2 の一体部材の線膨張係数を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で 1.4×10^{-6} プラス／マイナス 5 % 以内としている。また、スリーブの内径を $0.6 \sim 3 \text{ mm}$ の範囲としている。さらに、スラスト板部分の軸方向厚さを $0.1 \sim 0.7 \text{ mm}$ とし、第 2 の一体部材の硬度を第 1 の一体部材の硬度より小さくし、シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設け、カンタープレートのスラスト板と対向する位置に、第 1 のスラスト動圧溝を設け、スリーブ部分に、第 2 のスラスト動圧溝を設けている。

明 細 書

5

動圧軸受装置、スピンドルモータおよびディスク駆動装置ならびに動圧軸受装置の製造方法

10 技術分野

本発明は、動圧軸受装置、スピンドルモータおよび当該スピンドルモータを搭載したディスク駆動装置ならびに動圧軸受装置の製造方法に関し、特に、ハードディスク駆動装置用に好適なものである。

15

背景技術

スピンドルモータは、ハードディスクドライブ機構（以下、HDDという。）や、デジタルバーサタイルディスク機構（以下、DVDという。）や、スキャナ装置などに搭載されるもので、ハードディスクやデジタルバーサタイルディスクやミラーを高速回転させる際に使用される。このスピンドルモータは、高速回転、高回転精度、省電力、静音、高信頼性などが要求される。このような高度な要求を満足させるために、極めて高精度な軸受けの採用が必要となってきた。

軸受けとしては、従来はボールベアリングが使用されてきていたが、近年は動圧流体軸受けが使用されるようになってきている。動圧流体軸受けは、その原理上、基本的に前述の要求に応える特性を有し、スピ

ドルモータに適したものである。しかし、その優れた特性を発揮するためには、構造上および機器への応用において諸条件を考慮しなければならない。すなわち、動圧流体軸受けは、軸（シャフト）と軸受けは、相対的な回転によって発生する油の圧力によって非接触状態で支持される。

- 5 このとき、所定の圧力を維持するためには流体力学の理論によって、隙間、油の粘度、さらには直角度などの形状精度などを極めて厳しく管理する必要があると共に、温度変化や径時変化に対する微小変化を防止するための特別な工夫もなされなければならない。

- 以下に、各種の工夫がなされた従来の動圧軸受装置および従来のスピ
10 ンドルモータの構造を示す。なお、スピンドルモータは、特許文献 1（特開平 8 - 3 3 5 3 6 6 号公報）の第 4 図や特許文献 2（特開 2 0 0 0 - 4 1 3 5 9 号公報）に示されるような軸が固定される軸固定型と、特許文献 1 の第 1 図や特許文献 3（特開 2 0 0 0 - 3 2 4 7 5 3 号公報）に示されるような軸がロータと共に回転する軸回転型の 2 種類が知
15 られている。最初に、従来の軸固定型のスピンドルモータ 1 0 0 について第 1 9 図に基づいて説明する。

- このスピンドルモータ 1 0 0 では、ベース 1 0 1 にシャフト（軸） 1 0 2 が圧入固定され、このシャフト 1 0 2 の先端側にスラスト板 1 0 3 が圧入固定されている。ベース 1 0 1 の中央の円筒部の外周には、中央
20 の各孔部分がその円筒部に嵌り込む複数の薄板磁性金属板からなるコア 1 0 4 が配置されている。このコア 1 0 4 には、径方向にのびる複数の突極が周方向に所定間隔で配置されており、その突極にはコイル巻線 1 0 5 が施されている。ベース 1 0 1 とコア 1 0 4 とコイル巻線 1 0 5 とで、スピンドルモータ 1 0 0 のステータが構成されている。

- 25 シャフト 1 0 2 の周囲には、軸受けとなる円筒状のスリーブ 1 1 1 が配置され、そのスリーブ 1 1 1 の中心孔（第 1 9 図における上方）を塞

ぐようにカウンタプレート 1 1 2 がかしめにてスリーブ 1 1 1 に固定されている。スリーブ 1 1 1 の外周には、ハードディスク等のディスク 1 1 3 を載置するための円筒状のハブ 1 1 4 が圧入、焼きバメ、接着などにより固定されている。

- 5 ハブ 1 1 4 の円筒状部の内周部分には、磁性体となる金属製の円筒状のヨーク 1 1 5 を介して円筒状の磁石 1 1 6 が固定されている。ハブ 1 1 4 には、ディスク 1 1 3 を取り付けたり、取り外したりするためのねじ 1 1 7 が挿通するねじ孔が設けられている。そして、クランパ 1 1 8 とハブ 1 1 4 との間にディスク 1 1 3 をはさみ込んだ後、ねじ 1 1 7 を
10 そのねじ孔に挿通しつつ、ねじ 1 1 7 を締めることによってディスク 1 1 3 をハブ 1 1 4 に固定可能とされている。スリーブ 1 1 1 と、カウンタプレート 1 1 2 と、ハブ 1 1 4 と、ヨーク 1 1 5 と、磁石 1 1 6 とでスピンドルモータ 1 0 0 のロータが構成される。

- 15 シャフト 1 0 2 (スラスト板 1 0 3 含む) とスリーブ 1 1 1 との間のわずかな隙間には、油が入れられその油がスリーブ 1 1 1 外に漏出しない状態で保持される。スリーブ 1 1 1 の内周面の一端側にはシャフト 1 0 2 のラジアル方向の動きを規制するラジアル動圧溝 1 2 1 が設けられると共に他端側にもラジアル動圧溝 1 2 2 が設けられている。スラスト板 1 0 3 のカウンタプレート 1 1 2 と対向する面に、ロータのスラスト
20 方向の動きを規制するスラスト動圧溝が設けられていると共にスラスト板 1 0 3 のスリーブの段部 1 2 3 と対向する面に同様のスラスト動圧溝が設けられている。

次に、第 2 0 図に基づいて、従来の軸回転型のスピンドルモータ 2 0 0 の構造を示す。

- 25 このスピンドルモータ 2 0 0 では、ベース 2 0 1 の中央に円筒状のスリーブ 2 0 2 が圧入固定され、このスリーブ 2 0 2 の中央孔を塞ぐよう

にカウンタプレート 203 がスリーブ 202 にかしめ固定されている。
スリーブ 202 の外周には、薄板からなる磁性金属板が積層されたコア
204 が配置され、そのコア 204 の突極部分にはコイル巻線 205 が
施されている。ベース 201 と、スリーブ 202 (カウンタプレート 2
5 03 含む) と、コア 204 と、コイル巻線 205 とでスピンドルモータ
200 のステータが構成されている。

スリーブ 202 には、ハブ 211 に接着固定されたシャフト 212 が
挿入され、シャフト 212 の先端にはスラスト板 213 が圧入固定され
ている。ハブ 211 には円筒状のヨーク 214 を介して円筒状の磁石 2
10 15 が固定されている。シャフト 212 には、バーサタイルディスク等
のディスク 216 を取付可能とするねじ 217 をねじ係合するためのめ
ねじ部となるねじ凹部が設けられている。

そして、クランパ 218 とハブ 211 との間にディスク 216 をはさ
み込んだ後、ねじ 217 をねじ凹部にさし込み、ねじ 217 を締めるこ
とによってディスク 216 をハブ 211 に取り付け可能とされている。
15 ここで、ハブ 211 と、シャフト 212 と、スラスト板 213 と、ヨー
ク 214 と、磁石 215 とでスピンドルモータ 200 のロータが構成さ
れる。

スリーブ 202 とシャフト 212 との間のわずかな隙間には油が入れ
20 られ、その油がスリーブ 202 外に漏出しない状態で保持される。スリ
ーブ 202 の内周面の一端側と他端側にはそれぞれ一对のラジアル動圧
溝 221, 222 が設けられている。スラスト板 213 のカウンタプレ
ート 203 と対向する面とスリーブ 202 の段部 223 と対向する面の
両面にそれぞれスラスト動圧溝が設けられている。

25 従来の固定型のスピンドルモータ 100 や、軸回転型のスピンドルモ
ータ 200 は、次のような大きな 5 つの欠点を有している。第 1 の欠点

は、従来のスピンドルモータ 100, 200 では、相対回転する部分が別部材の組み合わせで構成されているため、衝撃に弱いことである。

第 2 の欠点は、従来のスピンドルモータ 100, 200 では、シャフト 102, 212 とロータとの間の垂直度が不十分となりやすく、ハブ 114, 211 の部分での回転振れが大きくなることである。この回転振れには、リピータブル ランアウト (Repeatable Run out : 繰り返し回転振れで、以下 RRO という) とノンリピータブル ランアウト (Non Repeatable Run out : 非繰り返し回転振れで、以下 RRO という) とが存在する。また、種類として、
10 軸振れと面振れとがあり、従来のスピンドルモータ 100, 200 では、軸振れの RRO (以下、A-RRO という。) が大きいものとなっている。ハブ 114, 211 の A-RRO が大きくなると、ディスク 113, 216 の面での面振れの RRO が大きくなり、ディスク 113, 216 に対する情報の記録や、ディスク 113, 216 からの情報の読み取り
15 の面でエラーが発生してくる。

従来のスピンドルモータ 100, 200 において、A-RRO が大きくなるのは次の点が原因と考えられる。すなわち、スピンドルモータ 100 の場合、スリーブ 111 とハブ 114 の固定部 100a は、圧入、焼きバメ、接着などにより固定されているが、これらの工法を採用すると、ハブ 114 はスリーブ 111 に対して設計精度からのずれがどうしても発生する。このずれは、組み立ての際にも発生するが、さらに固定部 100a には取り付け上の応力が残存しており、温度変化や径時変化などによって精度ずれが発生する。この精度ずれは、垂直度の悪化となり、A-RRO の悪化に直結する。

25 スピンドルモータ 200 の場合、シャフト 212 の径が小さく、かつシャフト 212 とハブ 211 の固定部 200a の接触幅が小さいので、

この固定部 200a における直角度を高精度に管理するのは極めて困難であり、どうしても直角度（垂直度）が保持できない。また、仮に、組み立て時に直角度が出たとしても、シャフト 212 とハブ 211 の固定は圧入や接着などで行われており、スピンドルモータ 100 のスリーブ 111 とハブ 114 の固定と同様に、取り付け上の応力が残存し、温度変化や径時変化などによって直角度が維持されない。直角度が出せないという状態は、A-RRO の悪化に直結する。

スピンドルモータ 100, 200 のいずれにおいても、シャフト 102 とスラスト板 103 の組み立てや、シャフト 212 とスラスト板 213 の組み立ての際に、スラスト板 103, 213 がシャフト 102, 212 に対して微小な傾きが発生する。この傾き（垂直度の悪化）は、ハブ 114, 211 の A-RRO の悪化をもたらす。

第 3 の欠点は、従来のスピンドルモータ 100, 200 では、温度変化に対する軸受け剛性の変化が大きなものとなることである。軸受け剛性が低下しすぎると、リピータブル ランアウト（RRO）や、ノンリピータブル ランアウト（NRRO）が大きくなり、モータとして使用することができなくなる。

従来のスピンドルモータ 100, 200 において、温度変化に対する軸受け剛性の大きな変化（低下）は、次の点が原因と考えられる。すなわち、従来のスピンドルモータ 100, 200 では、シャフト 102, 212 の材質をステンレス鋼の 400 系（SUS-400 系）、たとえば Cr を 18% 含有する SUS430 とし、スリーブ 111, 202 の材質を真鍮やステンレス鋼の 300 系（SUS-300 系）、たとえば Cr を 18%、Ni を 8% 含有する SUS304 としている。これらの材質を採用すると、線膨張係数の差による影響で、温度が上昇した時にシャフト 102 とスリーブ 111 との隙間や、シャフト 212 とスリー

ブ 2 0 2 との隙間が大きくなって、動圧効果が低下し、ラジアル方向の軸受け剛性が低下してしまうのである。また、温度が上昇すると、動圧用の油の粘度が低下してしまい、軸受け剛性が一層低下してしまう。

先に示した S U S 4 3 0 と S U S 3 0 4 の場合、より固い S U S 4 3 0 の線膨張係数が 10.4×10^{-6} で、よりやわらかい S U S 3 0 4 の線膨張係数が 16.4×10^{-6} となり、温度が上昇するとスリーブ 1 1 1, 2 0 2 の方が大きく膨張し、シャフト 1 0 2, 2 1 2 との間の隙間が広がってしまうのである。なお、軸受け剛性の問題は、ラジアル方向のみならず、スラスト方向にも同様な原因によって生じている。

10 この軸受け剛性の問題に対しては、スリーブ 1 1 1, 2 0 2 の材質をシャフト 1 0 2, 2 1 2 の材質と同じ S U S - 4 0 0 系にすれば改善される（線膨張係数の差による影響は発生しない）が、スリーブ 1 1 1, 2 0 2 が固くなり、それらに対する溝加工や形状加工等の加工が困難となり、生産性が大幅に悪化すると共に生産コストが上昇してしまう。また、軸受け部分の温度上昇に伴う油の粘度変化に対しては、依然として
15 改善はされず、問題が残ったままとなる。

なお、シャフト 1 0 2, 2 1 2 の材質をスリーブ 1 1 1, 2 0 2 の材質と同じ S U S - 3 0 0 系にするという案も理論上はあり得る。しかし、シャフト 1 0 2, 2 1 2 がスリーブ 1 1 1, 2 0 2 と同材質でかつやわ
20 らかい材質となることは、シャフト 1 0 2, 2 1 2 に傷がつき易くなり、回転の安定性が損なわれ易くなると共に、シャフト 1 0 2, 2 1 2 とスリーブ 1 1 1, 2 0 2 との間でロックし易くなってしまい、この構成は採用できない。

また、シャフト 1 0 2, 2 1 2 を S U S - 3 0 0 系とし、スリーブ 1
25 1 1, 2 0 2 を S U S - 4 0 0 系としても良いが、スリーブ 1 1 1, 2 0 2 を S U S - 4 0 0 系にすると、熱膨張の差が大きすぎて、高温時に、

シャフト 1 0 2, 2 1 2 がロックしてしまう。すなわち、S U S - 4 0 0 系は、熱膨張度が小さいため、

高温になると、シャフト 1 0 2, 2 1 2 とスリーブ 1 1 1, 2 0 2 の間の隙間が零となり、ロックする。また、時には、隙間が小さくなることで、シャフト 1 0 2, 2 1 2 が堅い S U S - 4 0 0 系のスリーブ 1 1 1, 2 0 2 にぶつかり、シャフト 1 0 2, 2 1 2 に傷がついたりする。

また、シャフト 1 0 2, 2 1 2 を S U S - 3 0 0 系とし、スリーブ 1 1 1, 2 0 2 を S U S - 4 0 0 系とすると、S U S - 4 0 0 系は、その硬度が高いため、内径の寸法出し、真円度化、面相度を細かくすること、高円筒度化などの高精度加工や動圧溝加工が困難となる。内径寸法のバラツキは、適正な隙間が得られないこととなり、測定による選別組み合わせという多大な時間を要する工程を必要とする。これは生産性やコストの面で問題となる。動圧溝加工が困難になるということは、溝深さの均一性や対称性が悪くなることに直結し、軸受け特性が悪化する。また生産性や価格の面にも悪影響を及ぼす。

これらの理由により、シャフト 1 0 2, 2 1 2 を S U S - 3 0 0 系とし、スリーブ 1 1 1, 2 0 2 を S U S - 4 0 0 系とする組み合わせも、実質的には採用できない。

さらに、第 4 の欠点は、従来のスピンドルモータ 1 0 0, 2 0 0 では、電流ロスが大ききなものとなることである。これには 2 つの原因が考えられる。1 つは、構造的問題である。すなわち、第 1 9 図に示す軸固定型のスピンドルモータ 1 0 0 のスリーブ 1 1 1 とハブ 1 1 4 との固定部 1 0 0 a における強度や効率的な作業性を得るためには、固定部 1 0 0 a の軸方向長さを長くしたり、各部品の径方向の肉厚を十分に大きくしなければならないが、そのためには、コア 1 0 4 やコイル巻線 1 0 5 を収納する空間が狭くなり、結果として電磁特性 (K t) が小さくなるので

ある。収納空間が狭くなり、電磁特性が小さくなるこの傾向は、軸回転型のスピンドルモータ 200 でも生じる。

電流ロスが大きくなる原因の他の 1 つは、軸受け構造の問題である。すなわち、軸受け部分の軸損トルクは、シャフト 102, 212 の径を小さくして、かつラジアル隙間を小さくすれば、軸受け剛性を低下させること無く、軸損トルクを低減できる。しかし、スピンドルモータ 100 の場合、シャフト 102 の径が小さくなると、シャフト 102 とベース 101 との固定部 100b での結合力や直角度が出にくくなる。また、スピンドルモータ 200 の場合、シャフト 212 の径が小さくなると、
10 シャフト 212 とハブ 211 との固定部 200a における接触面積がさらに小さくなり、上述したように A-RRO のさらなる悪化が生ずる。また、ラジアル隙間を小さくすると線膨張係数の差の影響が大きくなって
しまう。

電流ロスが大きくなる原因の中には、スラスト板 103, 213 の厚さの問題がある。現状では、スラスト板 103, 213 の垂直度および
15 各固定部 100c, 200b での固定強度を得るために、スラスト板 103, 213 をどうしても厚くせざるを得ない。具体的には、スラスト板 103, 213 の厚さを、1 ~ 1.5 mm 程度としている。このため、電流ロスがかなり大きくなっている。

20 このように、シャフト 102, 212 の径を小さくしたり、スラスト板 103, 213 を薄くすることは、極めて困難であり、このことによって電流が上昇し、電流ロスが大きくなる。

第 5 の欠点は、従来のスピンドルモータ 100, 200 では、3.5 インチハードディスク用への対応は容易に可能であるが、さらに小型で
25 薄型となる 2.5 インチや 1.8 インチのハードディスク用への対応が困難なことである。すなわち、従来のスピンドルモータ 100, 200

では、相対回転部分が別部材を組み立てることによって得られる組み立て部品
となっているため、軸受け部分のギャップである隙間の管理が難しく、
どうしても大きな隙間とならざるを得ず、小型化、薄型化がしづらいも
のとなっている。特に、組み込みの強度や精度を考慮すると、スラスト
5 板 1 0 3, 2 1 3 やハブ 1 1 4, 2 1 1 を厚くせざるを得ず、軸方向厚
さが大きくなりがちとなっている。

また、最近では、ディスク駆動装置の超小型化の要請に伴い、スピ
ンドルモータや動圧軸受装置のスリーブ部分の径が 3 mm 以下となるもの
が必要とされてきている。このような超小型のスリーブに対して、ラジ
10 アル動圧溝を形成する場合、従来行われている 3 つの方法である、電解
加工や、芯棒を回転させる方式の回転型ボール転造や、芯棒を回転させ
ない方式の固定型ボール転造では、スリーブの材質等の点から、対応で
きなくなりつつある。

本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、耐
15 衝撃性を向上させ得、A-R-R-O（いわゆる軸の揺動運動）を小さくで
き、温度変化に対する軸受け剛性の変化を小さくでき、しかも電流ロス
を押さえることができると共に小型化、薄型化が可能となる動圧軸受装
置、スピンドルモータおよびスピンドルモータを搭載したディスク駆動
装置ならびに動圧軸受装置の製造方法を提供することを目的とする。

20 また、他の発明は、上述した目的の少なくとも一部を有する動圧軸受
装置、スピンドルモータおよびスピンドルモータを搭載したディスク駆
動装置ならびに動圧軸受装置の製造方法を提供することを目的とする。

さらに、他の発明は、薄型化しても、ベースに対するシャフトの垂直
度を維持できたり、シャフトの径が 0.6 ~ 3 mm 程度の小径となつて
25 もスリーブの内面に溝を容易かつ低コストにて形成できる動圧軸受装置
の製造方法を提供することを目的とする。

発明の開示

上述した目的を達成するために、本発明の動圧軸受装置は、ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、を有する動圧軸受装置において、シャフトに設けられ、シャフト部分の径より大径となる円形状のスラスト板とシャフトとをステンレス鋼にて一体形成してシャフト体とし、スリーブを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて形成すると共にその内径を0.6～3mmの範囲とし、シャフト体の線膨張係数を 17×10^{-6} プラス／マイナス5%以内とし、スリーブの線膨張係数を0℃～100℃の範囲の測定で 14×10^{-6} プラス／マイナス5%以内とし、スラスト板部分の軸方向厚さを0.15～0.35mmとし、スリーブの硬度をシャフトの硬度より小さくし、よりやわらかな部材となるスリーブであってシャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設け、スラスト板と対向する位置であってこのスラスト板を覆うと共にスリーブの中心孔を塞ぐようにして設けられたカウンタープレートのスラスト板と対向する位置に、スラスト軸受用の第1のスラスト動圧溝を設け、スラスト板の第1のスラスト動圧溝と対向する面とは反対となる面と対向するスリーブ部分に、第2のスラスト動圧溝を設けている。

この発明の動圧軸受装置は、ベースに固定されるシャフトとスラスト板とを一体化し一体部材としているので、耐衝撃性が向上すると共に、垂直度を得やすいものとなる。このため、シャフトに対し相対回転するスリーブのA-RROを小さくできる。また、スリーブとシャフト体の各線膨張係数をシャフト側をより大きくした所定のものとしているので、温度変化に対する軸受け剛性の変化が小さくなる。また、回転側のスリ

ーブをアルミニウムとシリコンを有するアルミシリコン合金としているので、アルミニウムと同程度の質量となり、電流ロスやイナーシャが小さなものとなる。さらに、アルミシリコン合金の採用により、芯棒が回転しないボール転造方式をスリーブの内周面の溝形成に使用できるため、

5 スリーブの内径が0.6～3mmとなるような超小型の動圧軸受装置を安定した品質でかつ低価格で製造できるようになる。

また、この動圧軸受装置は、軸固定型であるため、スラスト板がシャフトの径に比べ大径であったとしても、このシャフト体を組み込むことが可能となる。また、硬度がより柔らかくなるスリーブ側にラジアル軸

10 受用の動圧溝を設けているので、従来の真鍮のスリーブと同様にボール転造でスリーブの内部に動圧溝を簡単に、かつひび割れが生じないように形成することができると共に、動圧用の溝部に設けられる突出部（動圧溝を形成する前に、スリーブの表面に中心側に突出する段部を設けることが多いが、この段部のこと）によってシャフトの表面が傷つくこと

15 が防止される。さらに、スリーブをシャフト体より柔らかな材質としているので、シャフト体をスリーブに挿入する際に、両者が接触してもシャフト側は傷がつかず、安定した性能を長期に渡って得ることができる。

さらに、スラスト板部分の軸方向厚さを0.15～0.35mmとしているので、電流ロスが低減されると共に小型化、薄型化が可能となる。

20 また、スラスト軸受用の動圧溝をスラスト板に対向するカウンタプレートとスリーブとに設けているので、スラスト板という面積が小さくなりがちなものに動圧溝を設置する場合に比べ、動圧溝の設置位置や設計の自由度が増し、より適切な動圧効果が得やすいものとなると共にコストの低減化も可能となる。

25 他の発明の動圧軸受装置は、シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、シャフトまたはスリーブのいずれか

一方を固定するベースを有する動圧軸受装置、すなわち、軸固定型と軸回転型の両者を対象としており、その構成を上述の発明とは一部変更している。

たとえば、スリーブとシャフト体の各線膨張係数をシャフト側をより大きくした所定のものとするこ
5 ことで、温度変化に対する軸受け剛性の変化が小さくしている。このように構成の一部を変更することで、上述の発明が有する効果の一部を有したり、他の効果を有するものとなっている。

具体的には、スリーブを、少なくとも 0°C ~ 100°C の温度範囲で、
10 温度が高くなるほど線膨張係数が大きくなる、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金とし、シャフトの線膨張係数をその一体部材の線膨張係数より大きくかつ上記温度範囲で一定とすると、温度が高くなると、スリーブ内の動圧溝の間隙が狭くなり、軸受けの剛性力が維持されると共に、スリーブとシャフトとが接触してしまう危険
15 性を大きく軽減することができる。なお、ここで、線膨張係数が一定とは、全く変化しないもののみならず、アルミシリコン合金に比べ、その変化が5分の1程度以下のものを含むものとする。

また、スリーブの内径を $0.6 \sim 3 \text{ mm}$ の範囲とすると、アルミシリコン合金の採用により、このような非常に小さいスリーブ径であつたと
20 しても、芯棒が回転しないボール転造方式を、スリーブの内周面の溝加工に使用できることとなる。この結果、安定した品質でかつ低価格な動圧軸受装置を得ることが可能となる。

また、上述の目的を達成するため、本発明のスピンドルモータは、ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周りに回
25 転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブまたはロータと、ベースに固定されるステータと、を有するスピンドルモー

タにおいて、シャフトに設けられ、シャフト部分の径より大径となる円形状のスラスト板とシャフトとをステンレス鋼にて一体形成して第1の一体部材とし、スリーブとハブもしくはスリーブとロータとを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて一体形成して第2の一体部材とすると共にスリーブの内径を0.6～3mmの範囲とし、第1の一体部材の線膨張係数を 17×10^{-6} プラス/マイナス5%以内とし、第2の一体部材の線膨張係数を0℃～100℃の範囲の測定で 14×10^{-6} プラス/マイナス5%以内とし、第2の一体部材の硬度を第1の一体部材の硬度より小さくし、よりやわらかな部材となる第2の一体部材側であってシャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設け、スラスト板と対向する位置であってこのスラスト板を覆うと共にスリーブの中心孔を塞ぐようにハブに固定して設けられたカウンタプレートのスラスト板と対向する位置に、スラスト軸受用の第1のスラスト動圧溝を設け、スラスト板の第1のスラスト動圧溝と対向する面とは反対となる面と対向するスリーブ部分に、第2のスラスト動圧溝を設けている。

この発明のスピンドルモータは、2つの相対回転部分を共に一体部材としている。すなわち、スリーブとハブまたはスリーブとロータとを一体化し、一体部材とし、かつシャフトとスラスト板とを一体化し一体部材としているので、耐衝撃性が向上すると共に、垂直度を得やすいものとなることからA-RROを非常に小さくできる。しかも、小型化、薄型化も可能となる。また、スリーブ側の一体部材とシャフト側の一体部材の各線膨張係数をシャフト側をより大きくした所定のものとしているので、温度変化に対する軸受け剛性の変化が小さくなる。

加えて、スリーブとハブまたはスリーブとロータとがアルミシリコン合金の一体部材で構成されているので、ハブのスリーブに対する固定や

ロータのスリーブに対する固定を考慮する必要がなくなり、コアやコイル巻線のための収納空間を十分大きくすることができ、電流ロスを小さくすることができる。さらに、アルミシリコン合金の採用により、芯棒が回転しないボール転造方式を、スリーブの内周面の溝形成に使用できるため、スリーブの内径が0.6～3mmとなるような超小型のスピンドルモータを安定した品質でかつ低価格で製造できるようになる。

また、このスピンドルモータは、軸固定型であるため、スラスト板がシャフトの径に比べ大径であったとしても、この第1の一体部材を組み込むことが可能となる。また、硬度がよりやわらかとなるスリーブ側にラジアル軸受用の動圧溝を設けているので、従来の真鍮のスリーブと同様にボール転造でスリーブの内部に動圧溝を簡単に、かつひび割れが生じないように形成することができると共に、動圧用の溝部に設けられる突出部（動圧溝を形成する前に、スリーブの表面に中心側に突出する段部を設けることが多いが、この段部のこと）によってシャフトの表面が傷つくことが防止される。さらに、スリーブをシャフトよりやわらかな材質としているので、シャフトをスリーブに挿入する際に、両者が接触してもシャフト側は傷がつかず、安定した性能を長期に渡って得ることができる。

また、スラスト軸受用の動圧溝を、スラスト板に対向するカウンタプレートとスリーブとに設けているので、スラスト板という面積が小さくなりがちなものに動圧溝を設置する場合に比べ、動圧溝の設置位置や設計の自由度が増し、より適切な動圧効果が得やすいものとなると共にコストの低減化も可能となる。

また、他の発明のスピンドルモータは、同じ軸固定型のスピンドルモータで、上述のスピンドルモータの構成とは、その構成を一部変更したものである。この結果、上述の各効果の一部を有したり、他の効果

を有するものとなっている。

また、他の発明のスピンドルモータは、軸固定型と軸回転型の両者を含むものとしている。たとえば、あるスピンドルモータは、シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブもしくはロータまたはシャフトと一体回転するハブもしくはロータと、スリーブまたはシャフトのいずれか一方を固定するベースと、を有するスピンドルモータとしている。

このような構成のスピンドルモータにおいて、たとえば、シャフトに設けられた円形状のスラスト板であって、シャフトの径より大径のスラスト板とシャフトとをステンレス鋼にて一体形成して一体部材とし、スラスト板部分の軸方向厚さを $0.1 \sim 0.7 \text{ mm}$ としている。このスピンドルモータは、上述の効果の一部に加え、一体部材のスラスト板部分の軸方向厚さを $0.1 \sim 0.7 \text{ mm}$ としているので、スラスト軸受けの機能を十分満足させつつ、モータの軸方向長さを一層小さくでき、一層の小型化、薄型化が可能となる。また、スラスト板部分を薄くすることで、電流ロスを低減させることができる。

また、他のものは、スリーブとハブまたはスリーブとロータとを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて一体形成して一体部材とし、この一体部材の線膨張係数を 10×10^{-6} $\sim 17 \times 10^{-6}$ であってシャフトの線膨張係数以下の一体部材の硬度をシャフトの硬度以下とし、同等またはよりやわらかな部材となる一体部材側であってシャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けている。

このように、軸固定型と軸回転型の両者を含むスピンドルモータであって、その一部の構成を種々変えることで、上述した効果の一部を有したり、他の効果を有するものとなる。

他の1例としては、シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブもしくはロータまたはシャフトと一体回転するハブもしくはロータと、スリーブまたはシャフトのいずれか一方を固定するベースと、を有するスピンドル
5 モータにおいて、スリーブをAlが65～84重量%、Siが15～32重量%、Cuその他が1～5重量%で構成されるアルミシリコン合金にて形成すると共に、その内径を0.6～3mmの範囲としている。

この発明のスピンドルモータでは、スリーブが所定範囲のシリコンを有するアルミシリコン合金としているので、ボール転造、特に芯棒を回
10 転させないボール転造方式を採用してもバリやムシレは生じない。アルミシリコン以外の固い金属を使用するスリーブに対して、溝加工を施す場合、バリやムシレが出ないようにするために、従来は、芯棒を回転させる方式のボール転造を採用しているが、この方式の場合、スリーブの内径は3mm程度以上が必要とされている。アルミシリコン合金の場合、
15 十分な硬さを有しているのに加え、ボール転造をしたときにバリやムシレが出ることが無いので、スリーブ径が3mm以下に対応できる芯棒が回転しないボール転造を採用することができる。この結果、加工された溝の安定化、溝の深さの自由度の増大、スリーブの低価格化等を達成できる。このため、スピンドルモータとしても品質が安定すると共に、低
20 価格なものとすることができる。

なお、スリーブの内径を0.6mm以上とすると、現在市販されているボール転造用のボール（最小径は0.3mm）を2個使用することでボール転造に利用でき、コスト的に有利となる。また、スリーブの内径を3mm以下とすると、DVD用や1.0～1.8インチのHDD用の
25 軸受装置等の超小型の製品にも適用できるようになると共に、他の金属材料では、芯棒回転式のボール転造が行えなくなり、このアルミシリコ

ン合金の良さが浮きだつものとなる。なお、スリーブの内径を0.6～3mmの範囲のものに対して、従来行われている転造以外の方式である電解加工(Electro-Chemical Machining)を施す場合、治具とのギャップ管理が安定しない、溝深さのムラが生じる等によって品質が安定せず、コストが上昇し、さらに大量生産がしにくいという問題を抱えることとなる。

また、上述の目的を達成するため、本発明のディスク駆動装置は、請求項7から16のいずれか1項記載のスピンドルモータをディスクを回転させるための駆動機構として採用している。

10 このディスク駆動装置では、使用しているスピンドルモータの軸受部分のスリーブとハブまたはスリーブとロータとを一体化し、アルミシリコン合金の一体部材としているので、耐衝撃性が向上すると共に、垂直度を得やすいものとなることからA-RROを非常に小さくできる。しかも、モータの小型化、薄型化が可能となる。さらに、アルミシリコン
15 合金の採用により、芯棒が回転しないボール転造方式をスリーブの内周面の溝形成に使用できるため、スリーブの内径が0.6～3mmとなるような超小型の動圧軸受装置を使用したディスク駆動装置を安定した品質でかつ低価格で製造できるようになる。

また、このディスク駆動装置に使用される動圧軸受装置は、種々の対策によって軸受けの剛性力を維持させているので、スリーブとシャフト
20 とが接触してしまう危険性を大きく軽減することができる。また、動圧軸受装置やスピンドルモータを、軸固定型とすると、シャフトの径に比べ大径のスラスト板をシャフトと一体的に設けたとしても、このスラスト板とシャフトが一体となる一体部材を組み込むことが可能となる。

25 また、上述の目的を達成するため、本発明の動圧軸受装置の製造方法は、ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周

りに回転可能に配置されるスリーブと、を有する動圧軸受装置の製造方法において、シャフトとベースの軸方向厚さを完成状態に比べ厚くしておき、シャフトをベースに組み込んだ後に、シャフトの底側の一部とベースの底側の一部とを、同時にかつ両者の切り取り面が一定の平面となるように切り取り、完成状態の厚さとしている。

この製造方法を採用すると、軸固定型の動圧軸受装置であって、軸方向厚さが薄いものでも、ベースに対するシャフトの垂直度を十分出すことができる。すなわち、スリーブのA-P-R-Oを小さくできると共に薄型化への対応を簡単に行うことができることとなる。

さらに、他の発明の動圧軸受装置の製造方法は、金属製のベースと、このベースに固定される金属性のシャフトと、このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、を有する動圧軸受装置の製造方法において、シャフトをベースに組み込んだ後に、ベースに電流を流し、シャフトとベースの接触部分を分子間結合させている。

この製造方法を採用すると、ベースとシャフトの固定を容易かつ強固なものとすることができる。特に、分子間結合によってシャフトとベースとが一部材化することになるので、従来の圧入のみに比べ、強度に優れ、薄型化にも対応可能となる。

また、他の発明の動圧軸受装置の製造方法は、シャフトと、このシャフトに相対回転可能に配置されるスリーブと、シャフトまたはスリーブのいずれか一方を固定するベースを有する動圧軸受装置の製造方法において、スリーブおよびそのスリーブと一体回転する部材の少なくとも一部またはスリーブおよびそのスリーブと共に固定部材となる部材の少なくとも一部を、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて形成した一体部材から構成し、その一体部材は、シリコンの含有量を調節することで、その線膨張係数を $10 \times 10^{-6} \sim 17 \times$

10⁻⁶の範囲内とすると共に、アルミニウム粉とシリコン粉とを混合して焼結した後、鍛造にて形成している。

この製造方法を採用すると、アトマイズ法によって形成されるアルミシリコン合金では固すぎて採用できなかった鍛造を採用でき、製造効率のアップ、コストの低減化を図ることができる。

また、他の発明の動圧軸受装置の製造方法は、シャフトと、このシャフトに相対回転可能に配置されるスリーブと、シャフトまたはスリーブのいずれか一方を固定するベースを有する動圧軸受装置の製造方法において、スリーブをアルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて形成すると共に、その内径を0.6～3mmの範囲とした後、芯棒が回転しないボール転造方式にてスリーブの内周面にラジアル軸受用の動圧溝を設けている。

この製造方法によれば、溝加工の際に、バリやムシレが生じない。また、超小型の動圧軸受装置を安定した品質でかつ大量に製造することが可能となる。特に、アルミシリコン合金の採用により、このような製造方法を採用しても、十分な品質の動圧軸受装置を低コストにて大量に製造できることとなる。

20 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1の実施の形態に係る動圧軸受装置およびスピンドルモータの構造を示す断面図である。

第2図は、第1図のスピンドルモータのカウンタプレートおよびその周辺の拡大図で、第1の一体部材を省略した図である。

第3図は、第1図のスピンドルモータのスリーブ部分とハブ部分を一体化した一体部材の材料となるアルミシリコン合金を得るための製造方

法のステップを示す図である。

第4図は、第1図のスピンダルモータの動圧溝に使用される油の特性（温度に対する油の粘度の変化）を示すグラフである。

第5図は、第1図のスピンダルモータや従来のスピンダルモータの各種性能を評価するための評価用軸受け装置を示す図である。

第6図は、第4図に示す特性の油と第5図に示す評価用軸受け装置を使用して、シャフトの外径とスリーブの内径との隙間を $0.5\mu\text{m}$ 単位で変化させたときの軸受け特性（軸損トルクと離心率）を示すグラフで、温度が 20°C のときのグラフである。

第7図は、第4図に示す特性の油と第5図に示す評価用軸受け装置を使用して、シャフトの外径とスリーブの内径との隙間を $0.5\mu\text{m}$ 単位で変化させたときの軸受け特性（軸損トルクと離心率）を示すグラフで、温度が 40°C のときのグラフである。

第8図は、第4図に示す特性の油と第5図に示す評価用軸受け装置を使用して、シャフトの外径とスリーブの内径との隙間を $0.5\mu\text{m}$ 単位で変化させたときの軸受け特性（軸損トルクと離心率）を示すグラフで、温度が 60°C のときのグラフである。

第9図は、第4図に示す特性の油と第5図に示す評価用軸受け装置を使用して、シャフトの外径とスリーブの内径との隙間を $0.5\mu\text{m}$ 単位で変化させたときの軸受け特性（軸損トルクと離心率）を示すグラフで、温度が 80°C のときのグラフである。

第10図は、第1図のスピンダルモータや従来のスピンダルモータのシャフトやスリーブに使用されている材質の組み合わせによる温度変化に対する隙間の変化を示す表である。

第11図は、従来のスピンダルモータに採用されている材質の組み合わせによる温度に対する軸受け特性（軸損トルク、傾斜角、離心率、軸

受け剛性)を示すグラフである。

第12図は、第1図に示すスピンドルモータに採用されている材質の組み合わせによる温度に対する軸受け特性(軸損トルク、傾斜角、離心率、軸受け剛性)を示すグラフである。

5 第13図は、第1図のスピンドルモータの第1の変形例の構造を示す断面図である。

第14図は、第1図のスピンドルモータの第2の変形例の構造を示す断面図である。

10 第15図は、第1図のスピンドルモータの第3の変形例の構造を示す断面図である。

第16図は、本発明の第2の実施の形態の動圧軸受装置の構造を示す要部断面図である。

第17図は、本発明の第3の実施の形態としてのスピンドルモータの構造を示す要部断面図である。

15 第18図は、本発明の第3の実施の形態のスピンドルモータの変形例を示す図で、(A)はその構造を示す要部断面図で、(B)はベースとスリーブの一体構造となるベース兼スリーブ体の斜視図である。

第19図は、従来の軸固定型のスピンドルモータの構造を示す断面図である。

20 第20図は、従来の軸回転型のスピンドルモータの構造を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

25 以下、本発明の実施の形態に係る動圧軸受装置およびスピンドルモータについて、図面を参照しながら説明する。なお、スピンドルモータを

搭載したディスク駆動装置に関しては、スピンドルモータおよびその周辺のみを説明し、ディスク情報を読み取ったり、書き込んだりするヘッド部分、スピンドルモータやそのヘッド部分等を制御する制御回路等の回路部分および他の機構部分は、従来のディスク装置と同様であり、その説明を省略する。

第1の実施の形態に係るスピンドルモータ10は、軸固定型のスピンドルモータで、HDDに搭載されているものである。なお、動圧軸受装置は、スピンドルモータ10に組み込まれている。このスピンドルモータ10では、第1図に示すように、アルミニウム等の金属や機能性樹脂等の固い樹脂材からなるベース1にシャフト2が圧入、焼きバメ、接着、溶接、電流利用による分子間結合などの各種の固定方法の1つまたは複数を利用して固定されている。シャフト2の先端側（第1図では上側）にスラスト板3がシャフト2と一体的設けられており、スラスト板部とされている。すなわち、シャフト2とスラスト板3は、一部品から構成される一体部材とされている。後述の第2の一体部材との関係から、以下ではこの一体部材を第1の一体部材と呼ぶこととする。

なお、スラスト板3を別部材で形成し、シャフト2に圧入、焼きバメ、接着、溶接、電流を利用した分子間結合などの各種の固定方法の1つまたは複数を利用して固定するようにしても良い。

この第1の一体部材は、18重量%のCrと8重量%のNiを含有した鉄系の合金であるステンレス鋼（SUS-304）から形成されている。第1の一体部材は、この棒状のSUS-304の外周を切削することで、円柱状のシャフト2の部分と円形状（具体的には扁平な円柱状）のスラスト板3の部分が形成されている。このスラスト板3部分の軸方向厚さは、0.3mmとされているが、0.1～0.7mmの範囲とすれば、強度の面と電流ロス減少の面で好ましいものとなる。なお、この

範囲は、 $0.15 \sim 0.35 \text{ mm}$ とすれば、さらに好ましいものとなる。

この第1の一体部材の線膨張係数は、 16.4×10^{-6} とされ、ビッカース（硬度）は約196とされている。なお、第1の一体部材としてはSUS-300系であれば、他のものでも良い。すなわち、Crを
5 $10.5 \sim 32$ 重量%、Niを4~13重量%含有した鉄系合金であれば良い。ただし、線膨張係数としては 17×10^{-6} プラス/マイナス5%以内が好ましい。なお、線膨張係数とは、固体における長さの変化に関する線膨張率で、 l を長さ、 l_0 を 0°C における長さ、 θ を温度としたとき、 $(dl/d\theta)/l_0$ の値を指す。なお、第1の一体部材と
10 なるシャフト側（SUS-304）の線膨張係数は、 $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の範囲で略一定になっている。なお、ここで述べる一定とは、全く変化しないもののみならず、後述する第2の一体部材に比べ、その変化が5分の1程度以下のものも含むものとする。

ベース1の中央には円筒状の円筒部1aが設けられ、その円筒部1a
15 の外周には、中央の孔部分が円筒部1aに嵌り込む薄形状の磁性金属板が積層された状態で配置され、コア4を形成している。コア4の固定は、接着、圧入、かしめなどのいずれか1つまたは複数を組み合わせてなされる。このコア4には、径方向にのびる複数の突極が周方向に所定間隔にて形成されており、その各突極にはコイル巻線5が施されている。こ
20 のコア4とコイル巻線5が収納される収納空間Sは、後述するような理由によって、従来のものに比べ広くすることが可能とされている。なお、ベース1と、コア4とコイル巻線5等によってスピンドルモータ10のステータが構成されている。

第1の一体部材の周囲には、軸受けとなる円筒状のスリーブ11部分
25 と円盤状のハブ12部分とが一体形成された第2の一体部材が配置されている。この第2の一体部材は、Alが67~68重量%で、Siが3

0重量%で、Cuその他が2~3重量%のアルミシリコン合金とされ、熱処理が施されたものである。

熱処理としては、種々なものが採用できるが、この実施の形態では、T6処理のものとT1処理のものとを採用している。T6処理とは、溶
5 体化处理、すなわちほとんど溶ける直前にまで温度を上げてから急冷する処理（焼き入れ処理）をし、その後、人工時効硬化処理、すなわち特定の時間、温度をかけ続け、ゆっくりと冷ます処理（焼きもどし処理）を行う処理のことを指す。また、T1処理とは、高温加工から冷却した後、常温で時効硬化させる処理のことをいう。なお、動圧軸受装置とし
10 ては、より固くなる等の面からT6処理の方が好ましい。

このアルミシリコン合金の密度は、 2.6 g/cm^3 で、A6061等の従来から知られているアルミ合金の 2.7 g/cm^3 よりわずかに軽いものとなっている。また線膨張係数は、T6処理の場合、 $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の範囲の測定で、 14×10^{-6} となり、そのうち $40^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の範囲の測定で、 14.7×10^{-6} となり、 $100^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ の範囲の測定で、 16.0×10^{-6} となり、 $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ の範囲の測定で、 17.6×10^{-6} となり、 $300^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ の範囲の測定で、 19.0×10^{-6} となる。また、T1処理の場合、 $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の範囲の測定で、 13.2×10^{-6} となり、 $40^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の範囲での測定で、 13.6×10^{-6} となり、 $100^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ の範囲の測定で、 15.7×10^{-6} となり、 $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ の範囲の測定で、 16.6×10^{-6} となり、 $300^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ の範囲の測定で 18.7×10^{-6} となる。これらの測定中、 $40^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ の範囲については、示差膨張測定によって、室温から 400°C の範囲で、
25 昇温速度は毎分 10°C で、窒素気流中という条件で行ったものである。

このように、この第2の一体部材となるアルミシリコン合金は、その

線膨張係数が、温度が高くなるほど、その値が高くなる（ $40^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ の範囲では、T6処理の場合、平均すると、 10°C 当たり、約 0.15×10^{-6} の割合で、T1処理の場合、 10°C 当たり、約 $0.15 \sim 0.18 \times 10^{-6}$ の割合で高くなる）ような性質を有するものである。この線膨張係数は、測定誤差や含有金属割合のわずかな変更等を考慮すると、第1の一体部材側との関係では、 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で、 14×10^{-6} や 13.2×10^{-6} とせず、これらの値のプラス／マイナス5%以内であれば良い。

また、小さい側の値をSUS-400系と同等の 10×10^{-6} とし、
10 大きい側の値をSUS-300系と同程度となる 17×10^{-6} とし、
この範囲内となるアルミシリコン合金としても良い。また、大きい側の
値をSUS-300系よりわずかに小さい値となる 16.5×10^{-6}
以下としても良い。特に、動圧力の発生を空気とする場合、動圧溝を形成
する隙間は、温度変化に対して常に同一となるようにしても良いので、
15 シャフト2をSUS-400系とした場合、アルミシリコン合金の線膨
張係数をSUS-400系と同一またはわずかに小さい値としても良く、
シャフト2をSUS-300系とした場合、アルミシリコン合金（第2
の一体部材）の線膨張係数をSUS-300系と同一またはわずかに小
さい値としても良い。また、 100°C 付近で、T6処理の場合、好まし
20 くは 15.3×10^{-6} のプラス／マイナス5%以内であれば良いが、
その範囲を広げてても良い。いずれにしても、アルミシリコン合金の線膨
張係数は、シャフト2と同等またはシャフト2より小さいものとするの
が好ましい。

また、その材料配分としては、Alが60～90重量%で、Siが9
25 ～39重量%で、Cuその他が1～5重量%としても、十分に従来の材
料に比べて良い特性を得ることができる。また、Siが20重量%でA

1 が 75 ～ 79 重量%で、Cu その他が 1 ～ 5 重量%とすると、0℃～
100℃の範囲で線膨張係数は 17×10^{-6} 程度となる。この配合の
アルミシリコン合金を第2の一体部材とし、シャフトを SUS-300
系とし、空気を動圧発生に用いると、動圧軸受装置として十分な性能が
5 得られる。なお、実験結果から判断すると、Al が 65 ～ 84 重量%で
Si が 15 ～ 32 重量%で Cu その他が 1 ～ 5 重量%が好ましく、シャ
フト2を SUS-300 系とし、動圧として油を用いた場合には、Al
が 65 ～ 69 重量%で、Si が 28 ～ 32 重量%で、Cu その他が 1 ～
5 重量%の範囲のアルミシリコン合金が相性としては好ましい。このよ
10 うに、アルミシリコン合金の線膨張係数を、0℃～100℃の範囲の測
定で、 $10 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6}$ の範囲としたり、 14×10^{-6} の
プラス/マイナス5%以内とするには、珪素 (Si) の含有量や Cu そ
の他のものの含有量によっても調節することができる。

第2の一体部材は、上述のような線膨張係数を有する、新たに開発さ
15 れたアルミシリコン合金で形成されている。その硬さは、第1の一体部
材と同等またはよりやわらかなものとされ、その硬度はビッカース硬さ
で約 114 ～ 165 [kg/mm] とされている。なお、硬度は、ビッ
カース硬さで 80 以上あれば、第2の一体部材側の回転開始、回転停止
時における両一体部材の衝突に際しても、この第2の一体部材側がへこ
20 んでしまうことは無い。また、硬度は、熱処理の方法、条件によって変
動するもので、装置として求められる値をこの範囲 (ビッカース硬さ 1
14 ～ 165 [kg/mm]) から適宜得ることができる。なお、熱処
理を施さない押し出し部材のままの場合は、ビッカース硬さで 114
[kg/mm] で、熱処理を施すことで得られる第2の一体部材は、ビ
25 ッカース硬さで 165 [kg/mm] となっている。熱処理の方法を変
えることで、さらに若干は硬さを高くすることができる。この第2の一

体部材は、押し出し部材を熱間鍛造で所定の形状とし、その後に T 6 処理または T 1 処理の熱処理を加えている。

第 2 の一体部材のスリーブ 1 1 部分には、その中心孔の一端（第 1 図の上方）側を塞ぐように円板状の金属製のカウンタプレート 1 3 が固定されている。この固定は、第 2 図に示すように、第 2 の一体部材のスリーブ 1 1 の上端側の上方段部平面部 1 1 a にカウンタプレート 1 3 を載置した後、スリーブ 1 1 側をかしめることによって、このカウンタプレート 1 3 を押さえ込む方法によって行われる。かしめ部分を 1 1 b として示す。なお、このかしめ作業の後、そのかしめ部分 1 1 b に接着剤を塗布するようにしても良い。

第 2 の一体部材のスリーブ 1 1 部分には、上述の上方段部平面部 1 1 a とかしめ部分 1 1 b 以外に、カウンタプレート 1 3 の外周に係合する大径のスリーブ内径部 1 1 c と、スラスト板 3 部分の外周が対向する小径のスリーブ内径部 1 1 d と、スラスト板 3 部分の外周に突出した部分における第 1 図の下方面が対向する下方段部平面部 1 1 e と、シャフト 2 部分と対向すると共に、最も小径となるシャフト対向内面部 1 1 f とが形成されている。

アルミシリコン合金で形成された第 2 の一体部材のハブ 1 2 部分には、ハードディスクであるディスク 1 4 を載置するためのディスク載置用の段部 1 2 a と、円筒状の磁性金属からなるヨーク 1 5 やそのヨーク 1 5 に固定される円筒状の磁石 1 6 を接着、圧入、かしめなどによって同心上に固定保持する大径円筒部 1 2 b と、ディスク 1 4 を載置するディスク載置部 1 2 c と、ディスク 1 4 をディスク載置部 1 2 c に載置した状態で固定するためのねじ 1 7 を挿通するためのねじ孔 1 2 d と、ディスク 1 4 をディスク載置部 1 2 c との間にはさみ込むためのクランパ 1 8 が載置されるクランパ載置部 1 2 e と、クランパ 1 8 の中央孔が嵌り込

むクランプ嵌合段部 1 2 f と、コイル巻線 5 のスペースを十分確保するために凹状にくぼんだコイル対向凹部 1 2 g とが形成されている。なお、通常、第 2 の一体部材と、カウンタプレート 1 3 と、ヨーク 1 5 と、磁石 1 6 等によってスピンドルモータ 1 0 のロータ部分が構成されるが、
5 この明細書におけるロータとは、通常の意味でのロータからスリーブ 1 1 部分を除くものとして使用する。

この第 2 の一体部材の材料となるアルミシリコン合金は、上述したような材料配分とされるが、この製造方法は、第 3 図に示すとおりである。すなわち、まずアトマイズ法によってアルミ合金の急冷凝固粉末を製造
10 する（ステップ S 5 1）。アトマイズ法としては、ガスアトマイズ法、超音波ガスアトマイズ法等が採用される。

この急冷凝固粉末は、アルミニウムとケイ素とからなる合金の溶湯をタンディッシュ（底に穴を有する容器）から流出させると同時に、その溶湯流に噴霧媒（気体あるいは液体）のジェットを衝突させ、その溶湯
15 が飛散して微細な液滴となった後に熱を奪われることで凝固して形成される。この粉末粒は、例えば、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 程度の径の多数のシリコンを含む $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度のアルミ粉とされる。

その後、セラミックスと特殊合金粉末からなる添加物を添加し（ステップ S 5 2）、最終材料が、Al が 67～68 重量%で、Si が 30 重量%で、Cu（銅）その他が 2～3 重量%となるように、急冷凝固粉末
20 と混合する。そして、熱間プレスによってビレット状の圧粉体を得る（ステップ S 5 3）。その後、真空中あるいは非酸化性雰囲気中で加熱して粉末の各表面に吸着している酸化物や非酸化物を吸着した水分などを除去する脱ガス処理を行う（ステップ S 5 4）。次に、熱間押出しを
25 行う（ステップ S 5 5）ことで、押出材が得られる。この押出材を加工して第 2 の一体部材の原形を形成する。この後、適宜、熱処理を行う。

得られるアルミシリコン合金の線膨張係数は、珪素（Si）の含有率によって変化する。この実施の形態では、珪素が30重量%含有されており、0℃～100℃の範囲の測定で、約 14×10^{-6} の線膨張係数を有している。珪素の含有率をさらに高めていくと、線膨張係数は、比
5 例的に低下していき、珪素の含有率が約36%となると、約 13×10^{-6} の線膨張係数となり、珪素の含有率が約44～48%となると、 10×10^{-6} の線膨張係数（これはSUS-400系の線膨張係数と同程度）となり、珪素の含有量が約20%となると、 17×10^{-6} の線膨張係数（これはSUS-300系の線膨張係数と同程度）となる。な
10 お、珪素のみを変化させるのではなく、珪素にニッケルをまぜ、この珪素とニッケルの合計量を30重量%から徐々に上げていくようにして、線膨張率を下げるようにしても良い。

ディスク14は、このスピンドルモータ10がディスク駆動装置に搭載されるに際して取り付けされる。この取り付けは、ディスク14をデ
15 イスク載置部12cに載置した後、クランプ18をクランプ載置部12eに載置し、ねじ17をねじ孔12dに挿通しつつねじ17を締めることによって取り付けがなされる。この実施の形態のディスク14は、2.5インチハードディスク用のディスクとされている。

シャフト2とスラスト板3とが一体形成された第1の一体部材と、ス
20 リーブ11とハブ12とが一体形成された第2の一体部材との間のわずかな隙間であって、後述する動圧溝が形成されている部分には、動圧用の油が入れられ、その油がスリーブ11部分から外に漏出しないように保持される。

このシャフト2部分の外周面とスリーブ11部分のシャフト対向内面
25 部11fとの間の隙間は1～4μmとされている。一般的には、シャフト2部分の径が4mmであると、その隙間は4μm、3mmであると、

隙間は $3\ \mu\text{m}$ というように、隙間の大きさはシャフト 2 部分の径の 1000 分の 1 とされている。この実施の形態では、シャフト 2 部分の径が $2.5\ \text{mm}$ で、シャフト 2 部分とシャフト対向内面部 11f との間の隙間は $2.5\ \mu\text{m}$ とされている。また、スラスト板 3 部分とカウンタプレート 13 との間の隙間や、スラスト板 3 部分とスリーブ 11 部分との間の隙間も同様に $2.5\ \mu\text{m}$ とされている。

シャフト対向内面部 11f には、ラジアル軸受用の動圧溝が 2 つ設けられている。すなわち、シャフト対向内面部 11f の一端側（第 1 図で上方側）には、第 2 の一体部材のラジアル方向の動きを規制する第 1 のラジアル動圧溝 21 が設けられ、他端側（第 1 図で下方側）には、同様の機能を有する第 2 のラジアル動圧溝 22 が設けられている。この実施の形態では、第 1、第 2 のラジアル動圧溝 21, 22 は、芯棒が回転しない固定型ボール転造によって形成している。

ラジアル動圧溝を形成する場合、一般に、次の 3 つの方法が採用されている。第 1 は電解加工である。第 2 は芯棒を回転させる方式の回転型ボール転造である。第 3 は、芯棒を回転させない方式の固定型ボール転造である。電解加工は、SUS 等の硬い材料にも溝加工できる利点を有するが、治具との隙間管理が難しい、溝深さにバラツキが出る等の原因によって品質が安定しないこと、小径の軸受けには向かないこと、大量生産に向かないこと、コストが高くなること等の欠点を有している。

回転型ボール転造は、スリーブが SUS 等の比較的固い材料の場合への対応として開発されたが、がたつきが品質の不安定さにつながり、また生産性の面でも十分でないため、この代替えとして、上述した電解加工方式が開発された。この回転型ボール転造方式は、ボールがなめらかに回転することによって溝加工時のバリやムシレが生じなくなる利点を有する。しかし、この方式の場合、上述の品質不安定さに加え、各ボー

ルによって囲まれる中心部分に配置される芯棒が回転する構造となっているので、強い芯棒を入れるスペースが必要となり、直径が 3 mm 以下となると、この方式のボール転造は使用できない。

5 固定型ボール転造は、スリーブが真鍮等比較的軟らかい材料の場合に採用されるもので、芯棒を設ける場合もあるが、この芯棒は回転しないものであるため、芯棒の径は大きくする必要がない。このため、スリーブの径が 0.1 mm というような細いものでも理論的に可能となる。しかし、市販されているボールの径が 0.3 mm であるため、芯棒を設けず、2つのボールを使った場合の最小値として、0.6 mm の径のスリ
10 ーブを対象とするのが好ましい。なお、固定型のボール転造の場合、SUS のように硬い材料には向かないとされている。しかし、この実施の形態で示されるアルミシリコン合金の場合、SUS-300 系や SUS-400 系と略同一の線膨張でありながら延伸性が良いため、この固定型ボール転造を採用できる。

15 スラスト板 3 部分を覆うカウンタプレート 13 のスラスト板 3 と対向する位置であってスラスト板 3 のシャフト 2 部分から外周方向に突出した部分に対向する位置には、第 2 の一体部材のスラスト方向の動きを規制する第 1 のスラスト動圧溝 23 が設けられている。また、スリーブ 1
1 部分の下方段部平面部 11e、すなわちスラスト板 3 部分のシャフト
20 12 部分から外周方向に突出した部分の平面部に対向する位置に、同様の機能を有する第 2 のスラスト動圧溝 24 が設けられている。

第 1 と第 2 のラジアル動圧溝 21, 22 は、第 1 図、第 2 図に示すように、複数の > 形の溝が周方向に並列して設けられ、シャフト対向内面
部 11f 内を一周するように形成されている。第 1 と第 2 のスラスト動
25 圧溝 23, 24 は、共に、多数の > 形の溝が円形状に並んで配置されたものとされている。この動圧溝 21, 22, 23, 24 の各形状は、他

の形状としても良い。たとえば、スラスト動圧溝を径が異なる円を同心状に並べたものとしたり渦巻き状のものとしたり、ラジアル動圧溝の各溝を>状とせず単に直線状の斜め線（/）の溝とする構成としても良い。

ラジアル動圧溝 2 1, 2 2 は、上述したように固定型ボール転造方式
5 によって形成されているが、その径の大きさ等によっては、電解加工や回転型ボール転造等他の加工方法を採用しても良い。スラスト動圧溝 2 3, 2 4 は、プレス加工、エッチング加工、切削加工、ボール転造などの転造加工、放電加工等によって形成される。動圧用の油は、上述した第 1 のラジアル動圧溝 2 1、第 2 のラジアル動圧溝 2 2、第 1 のスラスト動圧溝 2 3、第 2 のスラスト動圧溝 2 4 の各溝部分に施され、その各
10 溝 2 1, 2 2, 2 3, 2 4 が油で満たされるようにされている。

以上のように構成される動圧軸受装置およびスピンドルモータ 1 0 の組み立て順序について、以下に説明する。

まず、ハブ 1 2 を有する第 2 の一体部材に、スラスト板 3 を一体成形
15 したシャフト（第 1 の一体部材）を挿入する。次に、大径のスリーブ内径部 1 1 c に、その外周が対向するようにかつ上方段部平面部 1 1 a に接触するようにカウンタプレート 1 3 を配置した後、スリーブ 1 1 部分に対してカウンタプレートのかしめ固定する。そして、必要により接着剤のかしめ部分 1 1 b に付与する。その後、第 1 の一体部材と第 2 の
20 一体部材の間の隙間（この例では、約 $2.5 \mu\text{m}$ ）を、真空装置を利用して、動圧用の油で満たす。なお、第 2 の一体部材に対しては、ヨーク 1 5 や磁石 1 6 が、事前に圧入、接着、かしめなどによって同心となるように固定されている。

一方、ベース 1 に対してコア 4 を接着、圧入、かしめなどによって固
25 定し、コイル巻線 5 を突極に巻くことでステータが形成される。なお、コア 4 にコイル巻線 5 を施した後に、ベース 1 にコア 4 を固定するよう

にしても良い。このステータを構成するベース1の中央孔に対して、先ほどのシャフト2が圧入、焼きバメ、接着、溶接、電流を利用した分子間結合を利用した固定などの1つまたは複数を組み合わせた方法で固定される。ここで、電流を利用した分子間結合の固定とは、シャフト2を
5 ベース1の中央孔に圧入した後、ベース1に対して電流を流し、シャフト2とベース1の接触部分を分子的に結合させる方法をいう。このため、この方法を採用する場合、ベース1は電導体であることが必要とされる。

この組み込み状態では、シャフト2の長さやシャフト2が圧入されるベース1部分の軸方向厚さは、完成状態に比べ、大きくされている。そのため、組み込み後に、ベース1とシャフト2の底側の一部が切削により、切り取られ、完成状態の大きさとされる。これによってスピンドルモータ10が完成する。この組み込み方法を採用しているのは、精度の良い垂直度を得るためである。精度の良い垂直度を得るには、シャフト2の径と同程度の圧入しろが必要とされている。2.5インチハードディスク用のこのスピンドルモータ10のシャフト2の径は、2.5mm
15 程度であることから、ベース1のシャフト2の圧入部分の厚さを一旦、2.5mmとし、垂直度を十分出した後に、1.5mm程度を切り取り、ベース1の底部分の最終形態での厚さを1mmとし、薄型化している。なお、分子間結合を利用する場合は、上述の切削工程を不要としても良い。
20 い。

このような組み立て方法を採用することで、ベース1に対するシャフト2の垂直度を維持すると共に、薄型化を達成している。また、ベース1の底側を切り取るので、ベース1の中央孔の外方端に面取りを施す作業が不要となる。なお、この組み立て方法（シャフト2を圧入した後、
25 切り取る方法）は、2.5インチ、1.8インチなど超小型、超薄型のハードディスク用のスピンドルモータに採用すると好ましいものである。

このスピンドルモータ 10 をディスク駆動装置に搭載する際は、ディスク 14 をディスク載置部 12 c に載置し、ディスク載置部 12 c との間でディスク 14 をはさみ込むようにしてクランパ 18 をクランパ載置部 12 e に載せる。その後、ねじ 17 によってクランパ 18 を締めつけ、
5 ディスク 14 を固定する。この状態のスピンドルモータ 10 をディスク駆動装置内部に組み込み、他の機構、他の回路等を備えさせることでディスク駆動装置が完成する。

次に、動圧軸受装置の基本動作を説明し、その説明と併せて動圧軸受装置を使用したスピンドルモータ 10 およびスピンドルモータ 10 を搭載したディスク駆動装置の各特性と従来装置の各特性を比較したものについて説明する。
10

まず、動圧軸受装置の基本動作を説明するが、最初に評価の前提となるもの、すなわち油の粘度の変化、評価用軸受け装置、隙間の変化と軸受けの特性との関係について、第 4 図から第 9 図を参照しながら説明する。
15

第 4 図は、温度に対する油（動圧軸受けに使用される一般的な油）の動粘度の変化を示す。動粘度とは、粘度（絶対粘度）を密度で除した値で、たとえば、 $1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ （ミリ・パスカル・セコンド）の粘度で、密度が $1 \text{ g} / \text{cm}^3$ であれば、 $1 \text{ mm}^2 / \text{s}$ （平方ミリメートル・パー・セコンド）の動粘度となる。なお、従来のセンチストークス（ cSt ）の単位とは、同数値となる。動粘度も、粘度同様、数値が大きいほど「粘り」があることとなり、硬いものとなる。
20

第 4 図に示すように、油の動粘度は、温度が上昇すると、急激に低下する。粘度の低下は、軸受け剛性、すなわち動圧力の低下をもたらす。
25 このため、温度上昇時には、軸受け剛性を維持するために、シャフトと軸受けとの隙間を小さくする必要がある。しかし、隙間が過小である

と、軸受け剛性が高くなりすぎ、後述するように、軸損トルクが増加したり、最悪の場合は、シャフトと軸受けとが接触してロック（回転不能）してしまう場合も生ずる。

第5図は、評価用軸受け装置を示す。この装置は、シャフト26の径
5 L1が3mmで、上ラジアル動圧溝（上BRG）27の幅L2は、3mm
で、下ラジアル動圧溝（下BRG）28の幅L3は、2mmとされ、
第5図で示される位置、方向に、横方向の外力F1として0.01Kg
が加わっている。すなわち、上BRG27と下BRG28との間隔L4
は、1mmとされ、その中間の位置から上BRG27側に1.5mm離
10 れた位置に横方向の外力F1が加わるものとされている。また、下方に
は、径がシャフト26より大きくなるスラスト軸受け部が設けられてい
る。また、シャフト26の回転数は、7200RPMとされている。こ
のような油と評価用軸受け装置を用いて、シャフト2（シャフト26に
相当）とスリーブ11（上BRG27と下BRG28に相当）のシャフ
15 ト対向内面部11fとの間の隙間を、0.5μm単位で変化させた時の
軸受け特性（離心率と軸損トルク）を解析した結果を第6図から第9図
に示す。

HDDの場合に、最も重要な特性はNRROであり、これには軸受け
剛性が大きく影響する。軸受け剛性が小さい（低い）程、隙間が変化し
20 離心率が大きくなるが、離心率の許容値は実験的、経験的に0.01程
度である。離心率eとは、楕円がどれくらい偏平となっているかを表す
指標で、楕円の中心から長手方向の外周までの長径をa、短手方向の外
周までの短径をbとしたとき、次の数式1で定義されるものである。離
心率eが0のとき真円となる。なお、軸受け剛性とは、Fをロータに作
25 用する力の総和（外力の総和）とし、xをロータの変化量とすると、 $k = F / x$ で表されるkを指し、ここではその単位を[kg・f/μm]

として示す。

(数式 1)
$$e = \sqrt{a^2 + b^2} / a$$

第 6 図に示される 20℃ のように温度が低い時は、離心率は比較的余
裕があるが、高温では粘度が低下し、軸受け剛性が低くなるので、隙間
5 は 2 ~ 3 μm にしなければ使用に耐えることはできない。すなわち、第
8 図の 60℃ や第 9 図の 80℃ の場合のグラフに示されるように、高温
となると上ラジアル動圧溝 27 (第 1 図では、上側の第 1 のラジアル動
圧溝 21 に相当) の部分での離心率 e が 3 μm 程度の隙間のときに 0.
01 を超えてしまう。一方、隙間が過小の場合は、軸損トルクが増加し
10 たり、最悪の場合には、シャフト 2 とスリーブ 11 とが接触して回転不
能となる場合も有り得る。ここで軸損トルクとは、軸 (シャフト) が回
転する際に、油の粘度等によって失われる軸トルクであり、その値は小
さい程良い。ここでは、その単位を [g · cm] で示す。

次に、動圧軸受装置の基本動作の一つである温度変化による剛性の変
15 化について説明する。

隙間は、シャフトやスリーブの熱膨張によっても変化する。シャフト
とスリーブの材質の組み合わせによる温度変化に対する隙間の変化を第
10 図に示す。動圧軸受装置は、回転により油に圧力を発生させるが、
隙間が小さいほど、また、油の粘度が高いほど、高い圧力を発生させる
20 ことができる。油の粘度は、低温では高く、高温では低くなる。したが
って、シャフトおよびスリーブの材質は、選定時に、シャフトの線膨張
係数がスリーブのそれよりも大きくすれば高温にて隙間が減少するので、
粘度低下による圧力低下を補うことができる。

現在のスピンドルモータに採用されている材料と本発明で使用される
25 アルミシリコン合金をそれぞれシャフトとし、スリーブとした場合の組

み合わせと、その特性は次のように整理される。まず、シャフトとスリーブとを同材質にすると、隙間は温度によって変化しない。隙間の長さ
5 が増加しないということは、シャフトの外径もスリーブの内径も共に大きくなりながら隙間が同じということであり、これは隙間部分の体積が
増加することを示す。高温になると油の粘性は低下する。このため、隙
間部分の体積の増加と油の粘性低下が同時に生じ、軸受け剛性は悪化する。
また、シャフトとスリーブとが同材質であると、シャフトとスリーブ
とが衝突した際にシャフトに傷がつき軸受け特性が悪化する。シャフ
トとスリーブとを同材質とすることはこのように欠点が多く、採用する
10 のは好ましくない。

シャフトをSUS-400系とし、スリーブを真鍮(BsBn)ある
いは青銅(Bronze)系とする組み合わせは加工性に関しては比較
的良好となる。しかし、熱膨張的には高温になると隙間が増加し、油の
粘性低下とともに、軸受け剛性は悪化に向かう。特に、1.8インチや
15 2.5インチなどのように小型のHDDに使用されるスピンドルモータ
は軸受け剛性に余裕が無いため、各動圧溝部の隙間を極めて微小に設計
しなければならない。しかし、要求される厳しい公差をクリアすること
は困難であり、また、温度(低温)によってはシャフトとスリーブが干
渉することが生じ、軸受けとしては機能しなくなる。また、スリーブの
20 材質は、摩耗性に対して十分では無く、表面にニッケル/クロムなどの
メッキが必要となる。このため、この組み合わせも問題ありと言える。

シャフトをSUS-300系とし、スリーブをSUS-400系とす
る組み合わせは熱膨張だけを考えると好ましい。すなわち、温度上昇に
伴って隙間が減少するので、油の粘度低下による剛性の低下を補う効果
25 を有する。しかし、従来の技術で詳述したように、スリーブをSUS-
400系とすることは、その硬度が高いことから種々の問題が発生する。

すなわち、高温になると、隙間が小さくなり、シャフトがスリーブに接触したり、ロックしたりする。また、内径の寸法、真円度、面相度、円筒度などの高精度加工や動圧溝加工が困難となる。内径寸法のバラツキが
5 大きくなると、シャフトとの適正な隙間を得ることができず、測定による選別組み合わせをしなければならない。動圧溝加工においても溝深さの均一性や対称性が悪くなり、軸受け特性に悪い影響を及ぼす。このように、シャフトをSUS-300系とし、スリーブをSUS-400系とする組み合わせは、性能面、生産性、価格面などで問題を生ずる。

シャフトをSUS-300系とし、スリーブを本発明の第2の一体部
10 材で用いられているアルミシリコン合金とすると、第10図に示す表に示されるように、温度が高くなると、隙間が少しずつ狭くなる。具体的に示せば、その隙間は、温度0℃で、0.2μm広くなり、20℃で変化0、40℃で0.2μm狭くなり、60℃で0.4μm狭くなり、80℃で0.6μm狭くなり、100℃で0.8μm狭くなる。この各値
15 は、油の粘度低下による剛性の低下を補う上で最適な値となる。

この第10図で示す値は、シャフトの径を3mmとしたものであり、シャフトの径を他の値、たとえば、2.5mmや2mmとすると、シャフト側の膨張による増加量の絶対値が小さくなるため、隙間の変化量も小さくなる。しかし、一般的に、シャフトの径が小さい場合、軸受け剛
20 性との関係では、隙間も小さくする必要があり、元々の隙間に対する隙間の変化量の割合は、シャフトの径が小さい場合もそれほどの変化はない。ただし、厳密に言えば、その割合は変化するので、シャフトをSUS-300系とし、スリーブを本発明のアルミシリコン合金とした場合であっても、両者の線膨張係数の差をシャフトの径によって異ならせる
25 必要がある。上述の実施の形態では、両者の線膨張係数の差を、 $1.5 \times 10^{-6} \sim 4.5 \times 10^{-6}$ 程度としているが、シャフトの径を2mm

程度とすると、隙間は $2 \mu\text{m}$ 程度となり、両者の差は 7×10^{-6} 以下は必要とされ、逆に、シャフトの径を 4mm 程度とすると、隙間は $4 \mu\text{m}$ 程度となり、両者の差は 1×10^{-6} 以上あれば良いものとなる。

次に、動圧軸受装置の基本動作の説明の最後として、消費電流と剛性の関係について説明する。

軸受けの剛性と電流は、相反する条件となる。つまり、軸受けの剛性を大きくするためには、隙間を小さくしたり、油の粘度を高くしなければならない。一方、電流を小さくするため、すなわち損失トルクを小さくするためには、隙間を大きくしたり、油の粘度を低くしなければならない。同じ軸受剛性を維持しながら軸損トルクを小さくさせるためにはシャフトの径を小さくして隙間も小さくすれば良い。しかしながら、スリーブの内径が小さくなり、かつ公差もより厳しくなるので、従来から使用されている材質のように固い部材、たとえば真鍮や SUS-300 系を従来よりさらに精度良く加工することは極めて困難となる。従来の材質を使用した場合は、シャフト径とスリーブ内径を全数測定し選別組み合わせをする必要が生ずるが、この方法は生産コストが大きく上昇する。しかも、スリーブ内径が小径となるため、その真円度も精度が悪くなって歩留まりも悪くなる。

以上の考察を第 11 図および第 12 図を参照しながら説明する。なお、第 11 図は、シャフトを SUS-400 系とし、スリーブを真鍮とした場合を示し、第 12 図は、本発明の構成、すなわち、シャフト 2 を SUS-304 とし、スリーブ 11 を本発明に使用されるアルミシリコン合金とした場合を示す。

第 11 図に示すように、シャフトとして SUS-400 系を採用し、スリーブとして真鍮を採用した場合、温度が 58°C 当たりを越すと、ラジアル動圧溝 27 における離心率 e が許容限界値である 0.01 を越

す。また、傾斜角が温度の上昇に伴い急激に大きくなる。ここで傾斜角とは、シャフトのベースに対する傾斜を指し、ベースに対して90度（垂直）の状態を0度としたものである。

これに対して、本発明の組み合わせ（シャフト2に相当するシャフト26をSUS-300系とし、スリーブ11に相当する上BRG27および下BRG28を本発明のアルミシリコン合金としたもの）では、第12図に示すように、温度が20℃から80℃の間において、離心率eが許容限界値である0.01内に入ることとなる。

このように、本実施の形態において使用するアルミシリコン合金は、アルミニウムの基本特性としての加工性、耐食性、軽量、安価、高強度などを悪化させないで、線膨張係数がシャフト2の値よりも小さい値となる。すなわち、アルミニウムに珪素（Si）やその他の添加物を入れていくことにより、線膨張係数が低下していく性質を利用し、線膨張係数が0℃～100℃の範囲の測定で、 14×10^{-6} プラス/マイナス5%以内のアルミシリコン合金としているが、 $10 \times 10^{-6} \sim 16.5 \times 10^{-6}$ （または 17×10^{-6} ）のアルミシリコン合金としたものでも良い。なお、このアルミシリコン合金の線膨張係数の1例としては、SUS-300系とSUS-400系の各線膨張係数の略中間の値、すなわち 14×10^{-6} のものを採用している。線膨張係数が 14×10^{-6} となるアルミシリコン合金は、0℃～100℃の温度範囲で、約13.5～約15.3 $\times 10^{-6}$ となっており、かつその値は温度が高くなる程大きい値となる。なお、0℃～100℃の温度範囲は、ハードディスク用モータとして必要とされる耐熱条件であり、使用温度環境でもある。

本実施の形態で使用される1例としてのアルミシリコン合金（Siが30重量%で、Cuその他が2～3重量%で残りがAlで、線膨張係数が 14×10^{-6} ）の他の特性は、次のとおりである。引っ張り強度は

46. 6 kg f / mm^2 、耐力は 40.0 kg f / mm^2 、ヤング率は 9700 kg f / mm^2 、硬度は 150 Hv （ビッカース硬さ）、密度は 2.6 g / cm^3 である。

5 上述の実施の形態では、シャフト2とスラスト板3とをSUS-300系の一体部材とし、また、スリーブ11とハブ12とを上述のアルミシリコン合金の一体部材としているので、RRO（特にA-RRO）とNRROが共に非常に小さなものとなる。これはスリーブとハブとのはめ合いが無くなると共にシャフトとスラスト板とのはめ合いが無くなるためである。これによってスリーブ11部分とハブ12部分の直角度は
10 完全に維持される。すなわち、スリーブとハブを一体部材とし、ハブ12部分のディスク載置部12cやその他の部分を同時加工すれば各部分の垂直度や水平度を高精度なものとすることができる。シャフト2とスラスト板3の一体部材についても同様である。

また、両一体部材は、共にはめ込み構造でないので、耐衝撃性が向上
15 すると共に、不均一な応力も働かず、時間的（経時的）にも温度的にも安定した精度を維持することが可能となる。また、この実施の形態では、スリーブ11部分とハブ12部分とが一体部材で構成されているので、ハブ12部分のスリーブ11部分に対する固定を考慮する必要がなくなり、コア4やコイル巻線5のための収納空間を十分大きくすることができ、電流ロスを小さくすることができる。また、硬度がよりやわらかと
20 なるスリーブ11側にラジアル軸受用の動圧溝21, 22を設けているので、従来の真鍮のスリーブと同様にボール転造でスリーブ11の内部に動圧溝を簡単に、かつひび割れが生じないように形成することができる。

25 また、上述の実施の形態の動圧軸受装置やこの動圧軸受装置が使用されるスピンドルモータ10では、回転部品やシャフト2の垂直度を高精

度に維持できるものとなっているので、安定した動圧力が得られ、寿命も長くなる。また、両一体部材は、共にはめ込み構造でないので、耐熱衝撃性も向上する。

また、スラスト軸受用の動圧溝 2 3, 2 4 をスラスト板 3 に対向する
5 カウンタプレート 1 3 とスリーブ 1 1 とに設けているので、スラスト板 3 という面積が小さくなりがちなものに動圧溝を設置する場合に比べ、動圧溝の設置位置の自由度が増し、より適切な動圧効果が得やすいものとなると共に動圧溝の中心を出しやすいものとなる。

また、この実施の形態では、その一体部材を線膨張係数が $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$
10 0°C の範囲の測定で、 14×10^{-6} プラス／マイナス 5 % 以内のアルミシリコン合金としているので、スリーブ 1 1 部分内に動圧溝を形成しやすくなると共に、シャフト 2 部分として SUS 300 系を採用することができ。しかも、この実施の形態では、ハブ 1 2 の根元部分の厚さ（従来のモータのスリーブとハブとの結合部分におけるハブ側）を、載
15 置されるディスク 1 4 の厚さの 1.3 倍としているので、ディスク 1 4 との一体回転がスムーズとなると共に、コア 4 やコイル巻線 5 の収納空間 S を大きくすることができる。収納空間 S を大きくすることで、電流ロスを抑えることができる。

また、シャフト 2 のスラスト板 3 部分の軸方向厚さを 0.3 mm とし
20 ているので、すなわち従来に比べ $1/3 \sim 1/5$ としているので、スラスト軸受けの機能を十分満足させつつ、モータの軸方向長さを小さくでき、薄型化が可能になると共に電流ロスが大幅に減少する。

また、このディスク駆動装置では、A-RRO が小さくなり、軸受け剛性の変化が小さくなり、しかも電流ロスを抑えることができるので、
25 ディスク 1 4 からの情報の読み取りやディスク 1 4 への情報の書き込みがミスなく行えるものとなると共に電池使用の際の長時間稼働を達成す

ることができる。なお、A-RROの他のRROやNRROも非常に小さくなる。

また、この実施の形態では、上述したように、スラスト軸受け用の動圧溝23、24の設置位置や設計の自由度が増し、より適切な動圧効果が得やすいものとなっている。このため、ディスク駆動装置として、情報の書き込みミスや読み取りミスが無い高品質な装置とすることができる。さらに、このように、このディスク駆動装置は、内部のスピンドルモータの各種のRROやNRRO（これらの中で少なくともA-RRO）が小さくなり、軸方向長さが小さくなるので、情報の読み取りや書き込みが安定すると共に、モータの薄型化に伴い装置の薄型化が可能となる。

上述の実施の形態は本発明の好適な実施の形態の例であるが、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。たとえば、上述の動圧軸受装置を使用したスピンドルモータとしては、第13図に示す第1の変形例のスピンドルモータ30のように、ハブ12部分の外径の軸方向長さを延伸させ、ディスク14の搭載数を増すようにしても良い。なお、他の構成は、基本的に第1図に示すスピンドルモータ10と同様となっている。このため、同一部材には同一符号を付して、その詳細な説明を省略している。この点は、以下の各変形例についても同様である。

また、第14図に示す第2の変形例のスピンドルモータ40のように、ハブ12部分の外形の軸方向長さを延伸させ、その収納空間Sにコア4、コイル巻線5、ヨーク15、磁石16を配したものである。このスピンドルモータ40もディスク14の搭載数を増すことができる。なお、他の構成は、基本的に第1図や第13図に示すスピンドルモータ10、30と同様となっている。

さらに、第15図に示す第3の変形例のスピンドルモータ50のよう

に、2.5インチ以下のHDDに搭載されるのに好ましい形状としても
良い。この小型のスピンドルモータ50は、ハブ12部分の上部のカウ
ンタプレート13付近を少し上方に延伸させて第15図のようなボス形
状部51とし、このボス形状部51の外径に溝52を設けて、ここにク
ランパ18の内径部をはめ込むことによって、2枚のディスク14、1
4を固定させるものである。なお、2枚のディスク14、14の間には、
ディスク14、14の間隔を形成すると共にその間隔を維持するための
円筒形の間隔保持部材53が設けられている。

このスピンドルモータ50は、克蘭パ18の厚さを薄くし、かつデ
ィスク14、14を固定するねじがないのでハブ12部分の軸方向高さ
を短くできる。また、従来のものと同一の高さとした場合には、第1の
ラジアル動圧溝21を上方に移動することができるので、モーメント剛
性を大きくすることが可能となる。また、ハブ12の根本部分54（従
来のモータのスリーブとハブとの結合部分におけるハブ側）の厚さをデ
ィスク14の厚さと略同一としているため、ディスク14との一体回転
がスムーズになると共にコア4、コイル巻線5のための収納空間Sを薄
型にも拘わらず大きなものとすることができる。収納空間Sが大きくな
るため、電流ロスを抑えることができる。

上述の実施の形態およびその変形例のスピンドルモータ10、30、
40、50は、いわゆる軸固定型としているが、このように軸固定型と
することで、相対回転部分（スリーブ11とシャフト2部分、ハブ12
とスラスト板3部分）の垂直度を高精度に維持できるという利点を有す
る。すなわち、スピンドルモータでは、相対回転部分が2ヶ所あるが、
垂直度を得るには、そららの部分を一体部材とするのが好ましい。この
ような要請に対して、軸固定型の場合、相対回転部分を、スラスト板3
とシャフト2との一体部材と、ハブ12とスリーブ11のアルミシリコ

ン合金による一体部材の両一体部材に分離でき、かつ組み込みが可能となる。これに対し、軸回転型の場合、シャフトとスラスト板とを一体部材とすると、ハブ部分を含めたロータ部分（シャフト、スラスト板、ハブが含まれる）を組み込めなくなる。このように、垂直度の精度を上げるためには、軸固定型が好ましい。

5 なお、軸固定型の場合、第 16 図に示す第 2 の実施の形態の動圧軸受装置 60 としても良い。この動圧軸受装置 60 は、円板状のスラスト板 3 部分をシャフト 2 部分の根元側に配置し、リング状のカウンタプレート 13 をベース 1 と対向するように設けたものである。この例では、シャフト 2 は、太径の根元側となる根元部 2A と、第 1 のラジアル動圧溝 21 および第 2 のラジアル動圧溝 22 に対向する細径の先端側となる先端部 2B とを有し、根元部 2A と先端部 2B との境界にスラスト 3 部分が設けられている。

15 なお、この第 16 図を含み以下の各図では、各動圧溝 21, 22, 23, 24 を、内周面から内部まで深く入り込むように示しているが、これは各動圧溝 21, 22, 23, 24 を分かり易く説明するためであり、実際は、内周面等の表面に数 μm というわずかな深さの溝が形成されている。固定型ボール転造方式を採用すると、この溝深さが 2 ~ 5 μm の間でも、均質な幅と深さの溝を形成することができる。

20 この動圧軸受装置 60 は、上述の各実施の形態で示したアルミシリコン合金で形成されたスリーブ 11 の外周にハブやロータを組み込む構造とされているが、スリーブ 11 部分をハブとして使用するようにしても良い。また、ハブやロータを組み込まずに、単なる軸受けとして使用しても良い。

25 なお、シャフト 2 とスラスト板 3 とを一体部材で形成しない場合は、組み込みの場合の問題点が無くなり、軸回転型にも十分適用できると共

に、ハブ 1 2 とスリーブ 1 1 のアルミシリコン合金による一体部材化により各種の A - P R O 等の低減化が達成される。

また、上述の各実施の形態およびその変形例のスピンドルモータ 1 0 , 3 0 , 4 0 , 5 0 や動圧軸受装置 6 0 では、回転部品やシャフト 2 の垂直度を高精度に維持できるものとなっているので、安定した動圧力が得られ、寿命も長くなる。また、両一体部材は、共にはめ込み構造でない

5 直度を高精度に維持できるものとなっているので、安定した動圧力が得られ、寿命も長くなる。また、両一体部材は、共にはめ込み構造でない

ので、耐衝撃性や耐熱衝撃性も向上する。このような性質を一部犠牲にしても、従来以上の利点を有するスピンドルモータとすることができる。

たとえば、上述の各実施の形態や変形例では、シャフト 2 部分とスラスト板 3 部分を一体部材とすると共にスリーブ 1 1 部分とハブ 1 2 部分を一体部材として、2 つの一体部材を有する動圧軸受装置として、その動圧軸受装置を備えるスピンドルモータ 1 0 , 3 0 , 4 0 , 5 0 として

10 いるが、いずれか一方の一体部材のみを有する動圧軸受装置やスピンドルモータとしても良い。その場合でも従来の動圧軸受装置やスピンドルモータに比べ、A - R R O 等の面で有利な効果を有するものとなる。また、本発明で示したアルミシリコン合金をスリーブ 1 1 のみに使用し、スリーブ 1 1 とハブ 1 2 とを一体部材とせず、2 部品で構成する場合も、各種の軸受け特性は向上する。

15 モータに比べ、A - R R O 等の面で有利な効果を有するものとなる。また、本発明で示したアルミシリコン合金をスリーブ 1 1 のみに使用し、スリーブ 1 1 とハブ 1 2 とを一体部材とせず、2 部品で構成する場合も、各種の軸受け特性は向上する。

また、上述の各実施の形態や変形例は、いわゆる軸固定型の動圧軸受装置やスピンドルモータについて説明したが、軸回転型の動圧軸受装置やスピンドルモータのスリーブ部分に、またはスリーブ部分とベース部分を一体化し、その一体部材に、本発明の第 2 の一体部材の材料となるアルミシリコン合金を使用し、シャフトに S U S - 3 0 0 系を使用するようにしても良い。この場合、シャフトとハブとを一体部材とすると、

20 装置やスピンドルモータについて説明したが、軸回転型の動圧軸受装置やスピンドルモータのスリーブ部分に、またはスリーブ部分とベース部分を一体化し、その一体部材に、本発明の第 2 の一体部材の材料となるアルミシリコン合金を使用し、シャフトに S U S - 3 0 0 系を使用するようにしても良い。この場合、シャフトとハブとを一体部材とすると、

25 さらに好ましいものとなる。

第 1 7 図に、第 3 の実施の形態として、軸回転型の動圧軸受装置を使

用したスピンドルモータ 70 を示す。このスピンドルモータ 70 は、ロータ 71 にシャフト 2 が嵌合固定し、シャフト 2 と共にロータ 71 が一体回転する。この回転するシャフト 2 にスラスト板 3 部分が SUS-304 で一体形成されている。リング状のマグネット 16 は、ロータ 71 の外周に固定され、コア巻線 5 が施されたコア 4 と対向するように配置される。

スリーブ 11 は、上述の各実施の形態で示すスリーブ 11 と同様に、アルミシリコン合金で形成されている。そしてこのスリーブ 11 は、ベース 1 に固定され、その内周面に第 1、第 2 のラジアル動圧溝 21, 22 が形成され、スラスト板 3 部分と対向する位置に第 2 のスラスト動圧溝 24 が形成されている。スリーブ 11 のスラスト板 3 部分と対向する位置にリング状のカウンタプレート 13 が接着剤等によって固定されている。このカウンタプレート 13 のスラスト板 3 部分と対向する位置に、第 1 のスラスト動圧溝 23 が形成されている。また、スリーブ 11 のベース 1 側には中央孔を塞ぐためのシール材 72 が嵌合固定されている。

先に述べたシャフト 2 を圧入した後、ベース 1 と共にまたはシャフト 2 のみを一部切り取る方法は、第 2 や第 3 の実施の形態にも採用することができる。なお、第 3 の実施の形態の場合は、スリーブ 11 をベース 1 に組み込む際にこの切り取り方法を採用することができる。

また、第 3 の実施の形態のスピンドルモータ 70 の変形例を第 18 図に示す。第 3 の実施の形態のスピンドルモータ 70 の変形例となるスピンドルモータ 80 は、ベース兼スリーブ体 81 を有するものである。このベース兼スリーブ体 81 は、ベース 1 に相当するベース部 82 と、スリーブ 11 に相当するスリーブ部 83 とがアルミシリコン合金にて一体形成された構造となっている。ベース兼スリーブ体 81 は、第 18 図 (B) に示すように、四角形状の壁部 82 を有し、その中央に円筒状の

スリーブ部 8 3 がベース部 8 2 から垂直に立設しているものとなっている。ベース兼スリーブ体 8 1 は、第 3 図に示す製造方法で得られる押出材を鍛造することで得られる。

5 なお、アルミシリコン合金の製造方法としては、第 3 図に示す製造方法以外も採用できる。すなわち、アトマイズ法で得られる $100\mu\text{m}$ 程度のアルミの急冷凝固粉末と、アトマイズ法等で得られる数 μm 程度のシリコンの粉末とを混合し焼結により所定形状とする方法がある。この場合、焼結によって得られるアルミシリコン合金体は、その中に空隙が
10 5 ~ 10 % 程存在している。このため、この焼結体をさらに鍛造により押し固めて、密度 100 % の所定形状のアルミシリコン合金からなる第 2 の一体部材としても良い。第 8 図 (B) に示すベース兼スリーブ体 8 1 の場合は、アルミ粉とシリコン粉とを焼結で一体とし、第 8 図 (B) に示す形状に近似した形状とし、その後、鍛造により第 8 図 (B) に示す形状とする方法を採用するのが好ましい。

15 このスピンドルモータ 8 0 は、スリーブ部 8 3 とベース部 8 2 を一体化し、さらにケースとなる壁部 8 2 もアルミシリコン合金で一体化しているが、スリーブ 1 1 とベース 1 のみを一体化したり、ベース 1 をケースとして使用するときには、スリーブ 1 1 とケースが一体化されるようにしても良い。

20 また、上述の各実施の形態や変形例では、スリーブ 1 1 に動圧溝を形成し、シャフト 2 には動圧溝を形成していない構成としているが、たとえば、スリーブとして、SUS-400 系を使用し、かつ動圧溝を形成せず、シャフトに本発明のアルミシリコン合金を使用し、かつ動圧溝を形成するようにしたり、スリーブとシャフトを共に、本発明のアルミ
25 シリコン合金で形成し、いずれか一方に動圧溝を形成するようにしても良い。なお、スリーブとシャフトを共に、本発明のアルミシリコン合金

で形成する場合、好ましくは、両者の線膨張係数を異ならせ、かつスリーブ側を線膨張係数のより小さいものとする。

また、上述の各実施の形態や変形例では、第2の一体部材の線膨張係数を、 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ で 14×10^{-6} プラス/マイナス5%以内としたが、第1の一体部材の線膨張係数が 17×10^{-6} プラス/マイナス5%以内である場合、第2の一体部材の線膨張係数は、 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で、 $11 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$ の範囲であれば、従来に比べ、相当な効果を有するものとなる。また、 $10 \times 10^{-6} \sim 16.5 \times 10^{-6}$ の範囲であっても、従来に比べて十分な効果を有するものとなる。また、線膨張係数が $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で、 17×10^{-6} 程度のものであれば、SUS-300系が好ましいが、他の金属部材としたり、表面処理によって表面のみこの値とした金属部材を採用しても良い。

さらに、第2の一体部材を所定のアルミシリコン合金とすることで、かなりの硬度と所定の線膨張係数を有するものとし、その線膨張係数をシャフト2の線膨張係数に対して、 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で、 $1 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-6}$ だけ小さくすれば、隙間が数ミクロンのものにおける軸受け剛性が安定したものとなる。なお、この範囲の最小値としては、 0.5×10^{-6} を採用したり、零を採用しても良い。

また、上述の各実施の形態や変形例では、第2の一体部材は、その線膨張係数が、温度が高くなるほど、その値が高くなる（T6処理の場合、 10°C 当たり、約 $0.15 \sim 0.2 \times 10^{-6}$ の割合で高くなる）ような性質を有するものとしたが、その高くなる割合を他の値としたり、温度が高くなるほどその変化値が大きくなるものとしても良い。また、第2の一体部材は、 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲で、線膨張係数が一定値（ $10 \times 10^{-6} \sim 16.5 \times 10^{-6}$ の範囲、好ましくは約 $11 \times 10^{-6} \sim 1$

5×10^{-6} の範囲の特定値) となるものとしても良い。

さらに、ハブ 12 の根本部分 (従来のモータのスリーブとハブとの結合部分におけるハブ側) の厚さを、ディスク 14 の厚さと略同一としたり、1.3 倍程度としているが、この関係は、載置されるディスク 14 の厚さの 0.5 倍以上で 2 倍以下の範囲であれば、ディスク 14 との一体回転がスムーズになると共にコア 4、コイル巻線 5 のための収納空間 S を薄型にも拘わらず大きなものとすることができる。収納空間 S を大きくすることで、電流ロスも抑えることができる。

また、シャフト 2 のスラスト板 3 部分の軸方向厚さを、0.1 ~ 0.7 mm、より好ましくは 0.15 ~ 0.35 mm とするのが良い。このような構成とすると、スラスト軸受けの機能を十分満足させつつ、モータの軸方向長さを小さくでき、薄型化が可能になると共に電流ロスが大幅に減少する。また、上述の各実施の形態では、第 1 の一体部材となるシャフト側を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲で、線膨張係数が一定となるものにして、ここで一定とは、全く変化しないもののみならず、アルミシリコン合金に比べ、その変化が 5 分の 1 程度以下のものを含むものとする。

また、温度の変化に対して粘性が変化しない動圧発生物質を使用すれば、シャフト 2 と第 2 の一体部材を同一の線膨張係数としても良い。たとえば、シャフト 2 に SUS-300 系を採用したとき、アルミシリコン合金として 17×10^{-6} 程度の線膨張係数のものを使用し、シャフトとして SUS-400 系を採用したとき、アルミシリコン合金としては 10×10^{-6} 程度の線膨張係数のものを使用しても良い。

また、上述したように、スピンドルモータ 10, 30, 40, 50, 70 や動圧軸受装置 60 中のシャフト 2 とスラスト板 3 とを一体部材とせず、別の部材から形成し、組み立てて一体化するようにしても良い。

また、スリーブ 1 1 とハブ 1 2 またはスリーブ 1 1 とロータとを一体部材化し、その部材を本発明で使用されるアルミシリコン合金とする場合、このアルミシリコン合金（第 2 の一体部材）の線膨張係数を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で $10 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6}$ であってシャフト 2 5 の線膨張係数以下となるようにしても良い。

また、上述したように、Al 粉と Si 粉を混合して焼結工法にて原材料（密度が 95% 程度）を形成し、その後、鍛造にて第 2 の一体部材と同形状のブランクを形成するようにしても良い。このブランクをそのまま第 2 の一体部材としたり、切削等の加工を加えて第 2 の一体部材としても良い。この焼結工法と鍛造とを組み合わせた場合のアルミシリコン合金も上述した配分比とすることで、上述したような従来にない効果を発揮するものとなると共に、上述した実施の形態では材料が固すぎて採用できなかった鍛造工法を採用でき、製造効率のアップ、コストの低減化を図ることができる。

15 また、上述の各実施の形態や変形例では、アトマイズ法を採用したアルミシリコン合金としているが、他の製造方法によるアルミシリコン合金としても良い。なお、上述の各実施の形態や変形例で採用したアトマイズ法によって得られたアルミシリコン合金は、切削した時の切削クズが粉状になるため、動圧軸受装置の溝加工にきわめて好適な材料となる。

20 すなわち、動圧軸受装置としては、熱膨張や溝加工のための柔らかさの問題に加え、溝加工後の盛り上がり部分へのトリミング（バリ取り）が簡単であることが要求されるが、アトマイズ法を採用したアルミシリコン合金の場合、このトリミングがきわめて簡単となる。これは、バリ取りの際の切削クズが粉状となるため、バリ取りが確実かつ容易となると

25 共に、切削されたバリが尖った形状のまま、溝内部に残ることが無いためである。また、アトマイズ法によって得られたアルミシリコン合金の

場合、トリミング（スキムカット）そのものを不要とできる可能性が存在している。これは、トリミング後に行われるボール通しによっても、盛り上がり部分が溝の中に入って（寝て）しまうことが無いような特性を、このアルミシリコン合金が有している可能性があるためである。

5 また、上述の各実施の形態や変形例では、主としてHDD用のスピンドルモータを示したが、光走査（スキャナ）装置用のモータ等、他の装置用のスピンドルモータとしても良い。そのような場合、スラスト板3やカウンタプレート13のいずれか一方または両者が不要となることがある。

10 また、HDD用のスピンドルモータ以外のスピンドルモータの場合は、ハブ12に相当する部分がなくなり、スリーブ11とロータとが一体部材化される場合もあり得る。その場合、磁石を除くロータ全体がスリーブと一体化される場合や、磁石とバックヨークを除くロータがスリーブと一体化される場合や、さらには、磁石やバックヨークが固定される部分およびその近傍を除くロータ部分がスリーブと一体化される場合があり、種々の一体化方法があり得る。なお、このような変更は、HDD用のスピンドルモータ等ハブ部分を有するスピンドルモータでも、同様に採用可能となる。

20 また、動圧軸受装置としては、油の代わりに、他の液体を利用したり、空気などの気体を利用するものとしても良い。特に、空気を利用した場合、シャフト2と第2の一体部材の各線膨張係数を同一のものとしても、安定した軸受け剛性を得ることができる。

25 産業上の利用可能性

本発明によれば、動圧軸受装置やスピンドルモータに関して、耐衝撃

- 性を向上させ得、A-R-R-O（いわゆる軸の揺動運動）を小さくでき、温度変化に対する軸受け剛性の変化を小さくでき、しかも電流ロスを押さえることができると共に小型化、薄型化を可能とする。このため、スピンドルモータを搭載したディスク駆動装置等、この動圧軸受装置やスピンドルモータを使用した装置の品質向上、小型化、薄型化などが達成される。また、他の発明では、上述した本発明の効果の一部の効果や他の効果を有する動圧軸受装置、スピンドルモータおよびスピンドルモータを搭載したディスク駆動装置を得ることができる。
- 5

請 求 の 範 囲

1. ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周
5 りに回転可能に配置されるスリーブと、を有する動圧軸受装置において、

上記シャフトに設けられ、上記シャフト部分の径より大径となる円形
状のスラスト板と上記シャフトとをステンレス鋼にて一体形成してシャ
フト体とし、

- 上記スリーブを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミ
10 シリコン合金にて形成すると共にその内径を0.6～3mmの範囲とし、

上記シャフト体の線膨張係数を 17×10^{-6} プラス／マイナス5%
以内とし、

上記スリーブの線膨張係数を0℃～100℃の範囲の測定で 14×10^{-6}
プラス／マイナス5%以内とし、

- 15 上記スラスト板部分の軸方向厚さを0.15～0.35mmとし、

上記スリーブの硬度を上記シャフトの硬度より小さくし、よりやわら
かな部材となる上記スリーブであって上記シャフトと対向する部分にラ
ジアル軸受用の動圧溝を設け、

- 上記スラスト板と対向する位置であってこのスラスト板を覆うと共に
20 上記スリーブの中心孔を塞ぐようにして設けられたカウンタープレート
の上記スラスト板と対向する位置に、スラスト軸受用の第1のスラスト
動圧溝を設け、上記スラスト板の上記第1のスラスト動圧溝と対向する
面とは反対となる面と対向する上記スリーブ部分に、第2のスラスト動
圧溝を設けた、

- 25 ことを特徴とする動圧軸受装置。

2. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリ

ーブと、上記シャフトまたは上記スリーブのいずれか一方を固定するベースを有する動圧軸受装置において、

上記シャフトをステンレス鋼にて形成し、

上記スリーブを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミ

5 シリコン合金にて形成し、

上記シャフトの線膨張係数を 17×10^{-6} プラス/マイナス 5 % 以内とし、

上記スリーブの線膨張係数を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で $11 \times 10^{-6} \sim 16.5 \times 10^{-6}$ とし、

10 上記スリーブの硬度をシャフトの硬度より小さくし、よりやわらかな部材となる上記スリーブ側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けたことを特徴とする動圧軸受装置。

3. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、上記シャフトまたは上記スリーブのいずれか一方を固定するベ

15 ースを有する動圧軸受装置において、

上記スリーブを、Al が 65 ~ 69 重量%、Si が 28 ~ 32 重量%、Cu その他が 1 ~ 5 重量% で構成されるアルミシリコン合金にて形成し、このスリーブの線膨張係数を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で上記シャフトの線膨張係数に対して $0.5 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-6}$ だけ小さくし、

20 上記スリーブの硬度を上記シャフトの硬度より小さくし、よりやわらかな部材となる上記スリーブ側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けたことを特徴とする動圧軸受装置。

4. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、上記シャフトまたは上記スリーブのいずれか一方を固定するベ

25 ースを有する動圧軸受装置において、

上記シャフトにスラスト板を設け、

上記スリーブを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて形成し、

上記シャフトを、Crを10.5～32重量%、Niを4～13重量%含有した鉄系合金となるステンレス鋼で形成し、

- 5 上記スリーブの上記シャフトと対向する部分である上記スリーブの内面に、ラジアル軸受用の動圧溝を設け、上記スラスト板と対向する位置であってこのスラスト板を覆うと共に上記スリーブの中心孔を塞ぐようにして設けられたカウンタプレートの上記スラスト板と対向する位置に、スラスト軸受用の第1のスラスト動圧溝を設け、上記スラスト板の上記第1のスラスト動圧溝と対向する面とは反対となる面と対向する上記スリーブ部分に、第2のスラスト動圧溝を設けたことを特徴とする動圧軸受装置。

- 15 5. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、上記シャフトまたは上記スリーブのいずれか一方を固定するベースを有する動圧軸受装置において、

- 20 上記スリーブを、少なくとも0℃～100℃の温度範囲で、温度が高くなるほど線膨張係数が大きくなる、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて形成し、上記シャフトの線膨張係数を上記スリーブの線膨張係数より大きくかつ上記温度範囲で一定とし、上記スリーブの硬度を上記シャフトの硬度より小さくし、よりやわらかな部材となる上記スリーブ側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けたことを特徴とする動圧軸受装置。

6. 前記スリーブの内径を0.6～3mmの範囲としたことを特徴とする請求の範囲第2項、第3項、第4項または第5項記載の動圧軸受装置。

- 25 7. ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハ

ブまたはロータと、上記ベースに固定されるステータと、を有するスピンドルモータにおいて、

上記シャフトに設けられ、上記シャフト部分の径より大径となる円形状のスラスト板と上記シャフトとをステンレス鋼にて一体形成して第1

5 の一体部材とし、

上記スリーブと上記ハブまたは上記スリーブと上記ロータとを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて一体形成して第2の一体部材とすると共に上記スリーブの内径を0.6～3mmの範囲とし、

10 上記第1の一体部材の線膨張係数を 17×10^{-6} プラス/マイナス5%以内とし、

上記第2の一体部材の線膨張係数を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で 4×10^{-6} プラス/マイナス5%以内とし、

15 上記第2の一体部材の硬度を上記第1の一体部材の硬度より小さくし、よりやわらかな部材となる上記第2の一体部材側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設け、

上記スラスト板と対向する位置であってこのスラスト板を覆うと共に上記スリーブの中心孔を塞ぐように上記ハブに固定して設けられたカウンタプレートの上記スラスト板と対向する位置に、スラスト軸受用の第1のスラスト動圧溝を設け、上記スラスト板の上記第1のスラスト動圧溝と対向する面とは反対となる面と対向する上記スリーブ部分に、第2のスラスト動圧溝を設けた、

ことを特徴とするスピンドルモータ。

8. ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブまたはロータと、上記ベースに固定されるステータと、を有するスピ

25

ンドルモータにおいて、

上記シャフトをステンレス鋼にて形成し、

上記スリーブと上記ハブまたは上記スリーブと上記ロータとを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて一体形成して一体部材とし、

上記シャフトの線膨張係数を 17×10^{-6} プラス/マイナス 5 % 以内とし、

上記一体部材の線膨張係数を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で $11 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$ とし、

10 上記一体部材の硬度を上記シャフトの硬度より小さくし、よりやわらかな部材となる上記一体部材側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けた、

ことを特徴とするスピンドルモータ。

9. ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブまたはロータと、上記ベースに固定されるステータと、を有するスピンドルモータにおいて、

上記スリーブと上記ハブまたは上記スリーブと上記ロータとを、Al が 65 ~ 69 重量%、Si が 28 ~ 32 重量%、Cu その他が 1 ~ 5 重量% で構成されるアルミシリコン合金にて一体形成して一体部材とし、この一体部材の線膨張係数を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で上記シャフトの線膨張係数に対して $1 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-6}$ だけ小さくし、上記一体部材の硬度を上記シャフトの硬度より小さくし、よりやわらかな部材となる上記一体部材側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けた、

ことを特徴とするスピンドルモータ。

10. ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブまたはロータと、上記ベースに固定されるステータと、を有するスピンドルモータにおいて、

5 上記シャフトに円形状のスラスト板を設け、

上記スリーブと上記ハブまたは上記スリーブと上記ロータとを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて一体形成して一体部材とし、

10 上記シャフトを、Crを10.5～32重量%、Niを4～13重量%含有した鉄系合金となるステンレス鋼で形成し、

上記一体部材の上記シャフトと対向する部分である上記スリーブの内面に、ラジアル軸受用の動圧溝を設け、上記スラスト板と対向する位置であってこのスラスト板を覆うと共に上記スリーブの中心孔を塞ぐように上記ハブまたは上記ロータに固定して設けられたカウンタープレート
15 の上記スラスト板と対向する位置に、スラスト軸受用の第1のスラスト動圧溝を設け、上記スラスト板の上記第1のスラスト動圧溝と対向する面とは反対となる面と対向する上記スリーブ部分に、第2のスラスト動圧溝を設けた、

ことを特徴とするスピンドルモータ。

20 11. ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブまたはロータと、上記ベースに固定されるステータと、を有するスピンドルモータにおいて、

上記スリーブと上記ハブまたは上記スリーブと上記ロータとを、少なくとも0℃～100℃の温度範囲で、温度が高くなるほど線膨張係数が
25 大きくなる、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコ

ン合金にて一体形成して一体部材とし、上記シャフトの線膨張係数を上記一体部材の線膨張係数より大きくかつ上記温度範囲で一定とし、上記一体部材の硬度を上記シャフトの硬度より小さくし、よりやわらかな部材となる上記一体部材側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けた、

5 ことを特徴とするスピンドルモータ。

1 2. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブもしくはロータまたは上記シャフトと一体回転するハブもしくはロータと、上記スリーブまたは上記シャフトのいずれか一方を固定するベースと、を有するスピンドルモータにおいて、

15 上記シャフトに設けられた円形状のスラスト板であって、上記シャフトの径より大径のスラスト板と上記シャフトとをステンレス鋼にて一体形成して一体部材とし、上記スラスト板部分の軸方向厚さを $0.1 \sim 0.7 \text{ mm}$ とした、

ことを特徴とするスピンドルモータ。

1 3. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブもしくはロータまたは上記シャフトと一体回転するハブもしくはロータと、上記スリーブまたは上記シャフトのいずれか一方を固定するベースと、を有するスピンドルモータにおいて、

上記スリーブと上記ハブまたは上記スリーブと上記ロータとを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて一体形成して一体部材とし、

25 上記一体部材の線膨張係数を $10 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6}$ であって上記シャフトの線膨張係数以下とし、

上記一体部材の硬度を上記シャフトの硬度以下とし、同等またはよりやわらかな部材となる上記一体部材側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けた、

ことを特徴とするスピンドルモータ。

- 5 14. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブもしくはロータまたは上記シャフトと一体回転するハブもしくはロータと、上記スリーブまたは上記シャフトのいずれか一方を固定するベースと、を有するスピンドルモータにおいて、

- 10 上記シャフトに設けられる円形状のスラスト板と上記シャフトとをステンレス鋼にて一体形成して第1の一体部材とし、

上記スリーブと上記ハブまたは上記スリーブと上記ロータとを、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて一体形成して第2の一体部材とし、

- 15 上記第2の一体部材の線膨張係数を $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲の測定で $10 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6}$ であって上記第1の一体部材の線膨張係数以下とし、

上記第2の一体部材の硬度を上記第1の一体部材の硬度以下とし、同等またはよりやわらかな部材となる上記第2の一体部材側であって上記

- 20 シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けた、

ことを特徴とするスピンドルモータ。

15. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブもしくはロータまたは上記シャフトと一体回転するハブもしくはロータと、上記スリーブまたは上
25 記シャフトのいずれか一方を固定するベースと、を有するスピンドルモータにおいて、

上記スリーブと上記ハブまたは上記スリーブと上記ロータとを、Alが65～84重量%、Siが15～32重量%、Cuその他が1～5重量%で構成されるアルミシリコン合金にて一体形成して一体部材とし、この一体部材の線膨張係数を0℃～100℃の範囲の測定で上記シャフトの線膨張係数に対して $0 \sim 7 \times 10^{-6}$ だけ小さくし、上記一体部材の硬度を上記シャフトの硬度以下とし、同等またはよりやわらかな部材となる上記一体部材側であって上記シャフトと対向する部分にラジアル軸受用の動圧溝を設けた、

ことを特徴とするスピンドルモータ。

10 16. シャフトと、このシャフトの周りに相対回転可能に配置されるスリーブと、このスリーブと一体回転するハブもしくはロータまたは上記シャフトと一体回転するハブもしくはロータと、上記スリーブまたは上記シャフトのいずれか一方を固定するベースと、を有するスピンドルモータにおいて、

15 上記スリーブをAlが65～84重量%、Siが15～32重量%、Cuその他が1～5重量%で構成されるアルミシリコン合金にて形成すると共に、その内径を0.6～3mmの範囲としたことを特徴とするスピンドルモータ。

20 17. 請求の範囲第7項から第16項のいずれか1項記載のスピンドルモータをディスクを回転させるための駆動機構として採用したことを特徴とするスピンドルモータを搭載したディスク駆動装置。

18. ベースと、このベースに固定されるシャフトと、このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、を有する動圧軸受装置の製造方法において、

25 上記シャフトと上記ベースの軸方向厚さを完成状態に比べ厚くしておき、上記シャフトを上記ベースに組み込んだ後に、上記シャフトの底側

の一部と上記ベースの底側の一部とを、同時にかつ両者の切り取り面が一定の平面となるように切り取り、完成状態の厚さとしたことを特徴とする動圧軸受装置の製造方法。

19. 金属性のベースと、このベースに固定される金属性のシャフトと、
5 このシャフトの周りに回転可能に配置されるスリーブと、を有する動圧軸受装置の製造方法において、

上記シャフトを上記ベースに組み込んだ後に、上記ベースに電流を流し、上記シャフトと上記ベースの接触部分を分子間結合させることを特徴とする動圧軸受装置の製造方法。

20. シャフトと、このシャフトに相対回転可能に配置されるスリーブと、上記シャフトまたは上記スリーブのいずれか一方を固定するベース
10 を有する動圧軸受装置の製造方法において、

- 上記スリーブおよびそのスリーブと一体回転する部材の少なくとも一部または上記スリーブおよびそのスリーブと共に固定部材となる部材の
15 少なくとも一部を、アルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリコン合金にて形成した一体部材から構成し、

- その一体部材は、シリコンの含有量を調節することで、その線膨張係数を $10 \times 10^{-6} \sim 17 \times 10^{-6}$ の範囲内とすると共に、アルミニウム粉とシリコン粉とを混合して焼結した後、鍛造にて形成したことを特
20 徴とする動圧軸受装置の製造方法。

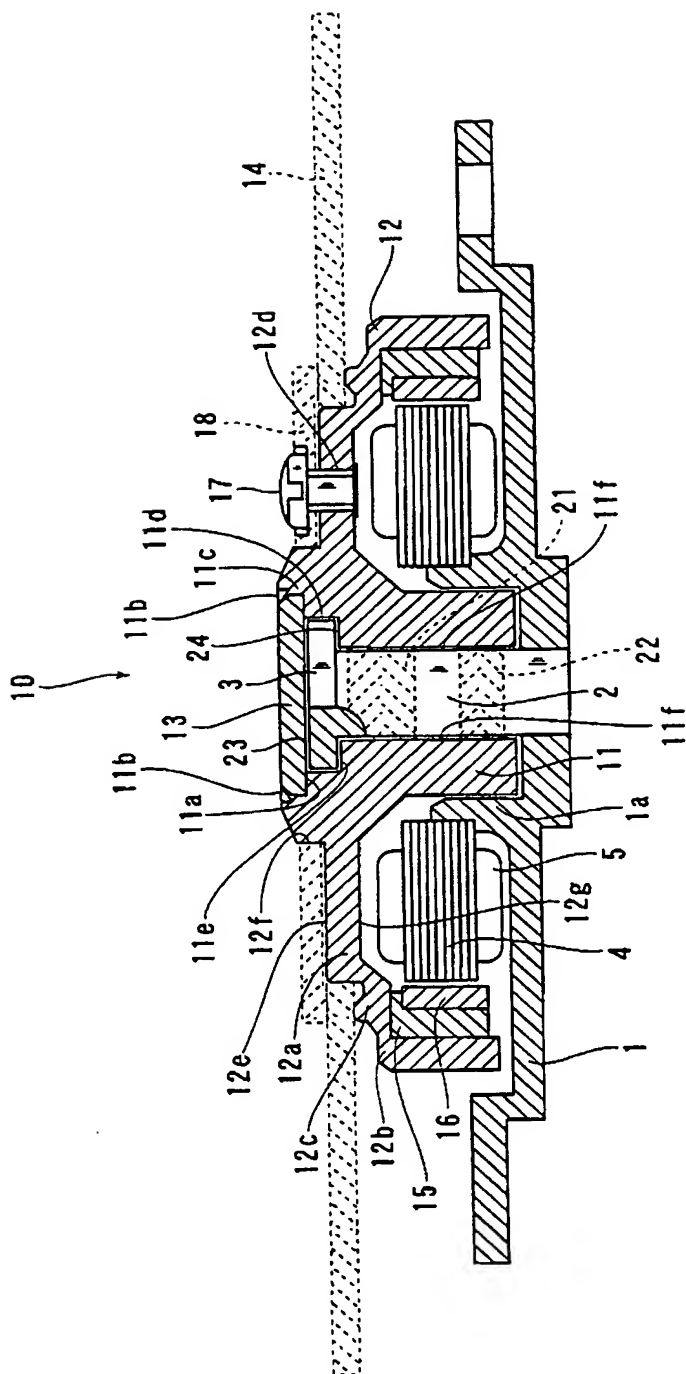
21. シャフトと、このシャフトに相対回転可能に配置されるスリーブと、上記シャフトまたは上記スリーブのいずれか一方を固定するベース
を有する動圧軸受装置の製造方法において、

- 上記スリーブをアルミニウムとシリコンを成分として有するアルミシリ
25 コン合金にて形成すると共に、その内径を $0.6 \sim 3 \text{ mm}$ の範囲とした後、芯棒が回転しないボール転造方式にて上記スリーブの内周面にラ

ギアル軸受用の動圧溝を設けることを特徴とする動圧軸受装置の製造方法。

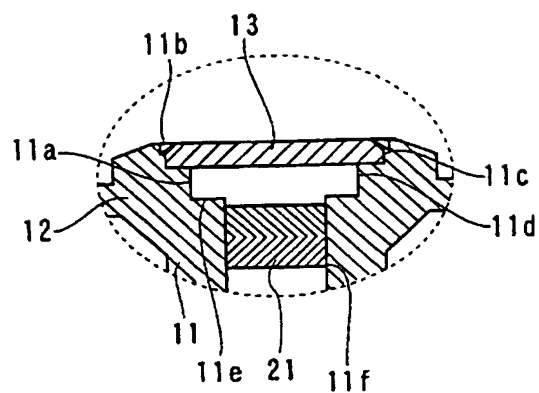
1/16

第 1 図

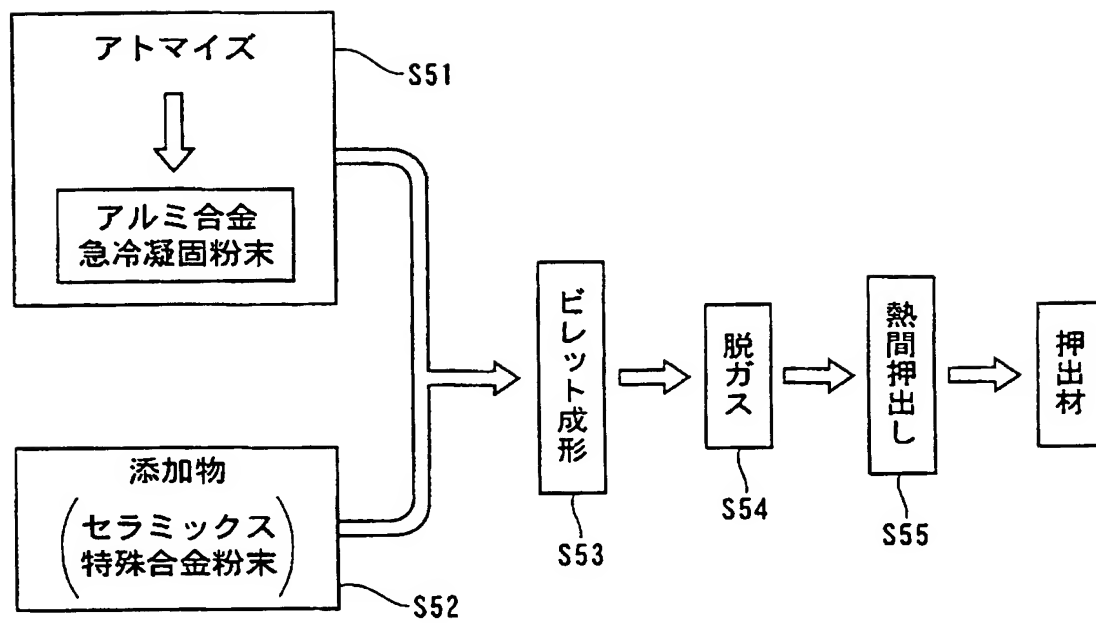


2/16

第2図

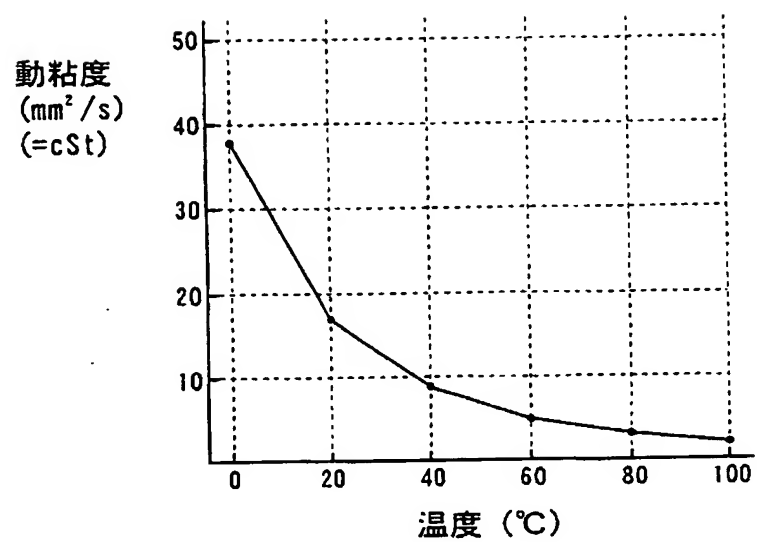


第3図



3/16

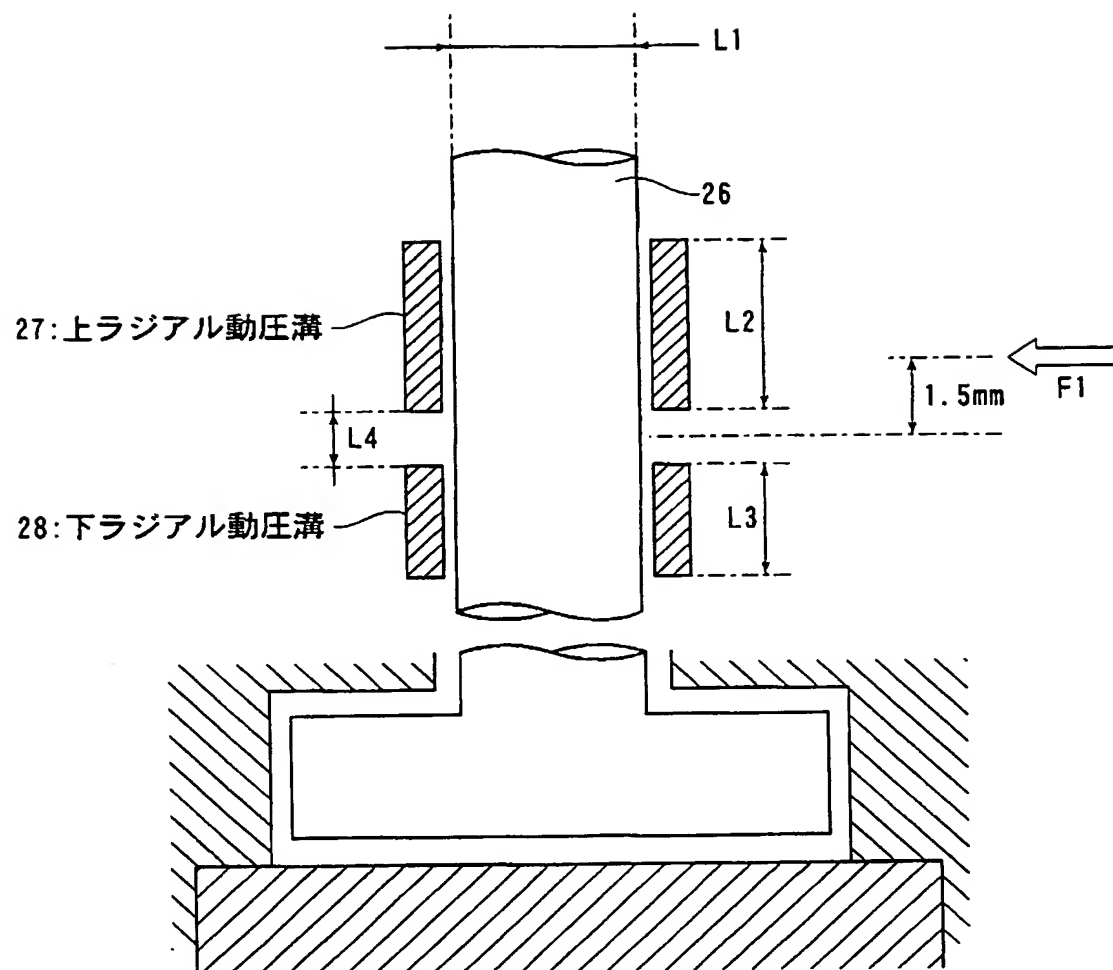
第 4 図



(温度による油の粘度変化)

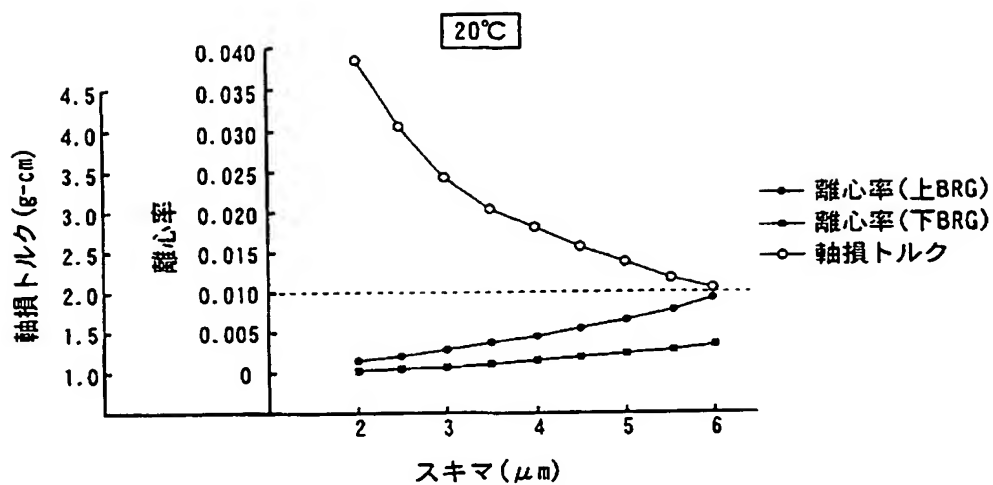
4/16

第5図

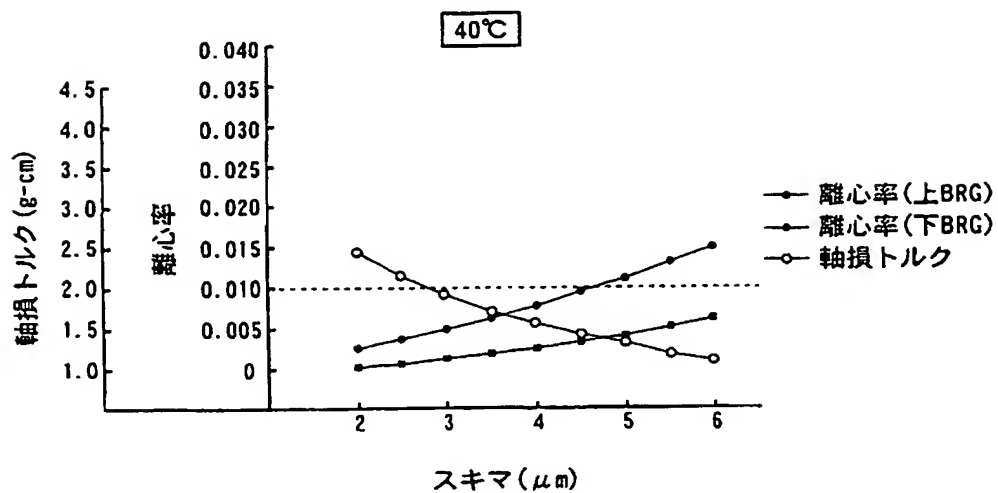


5/16

第6図

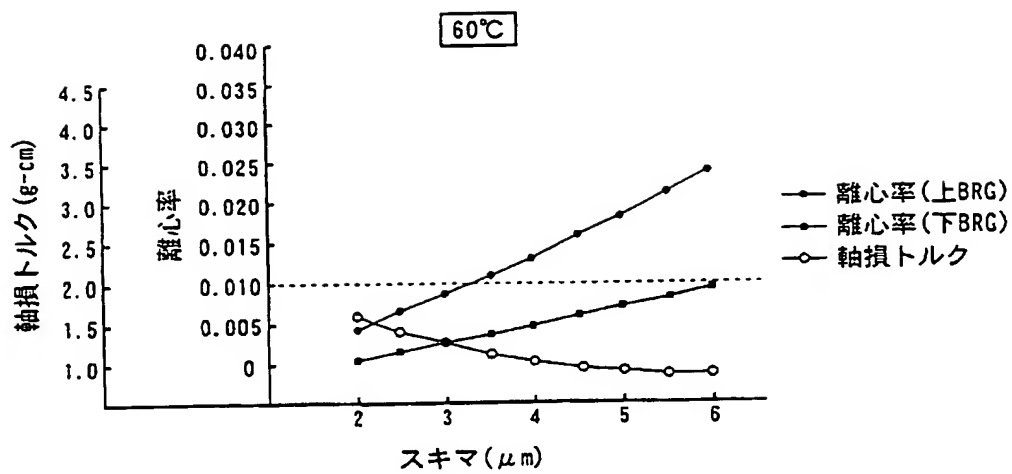


第7図

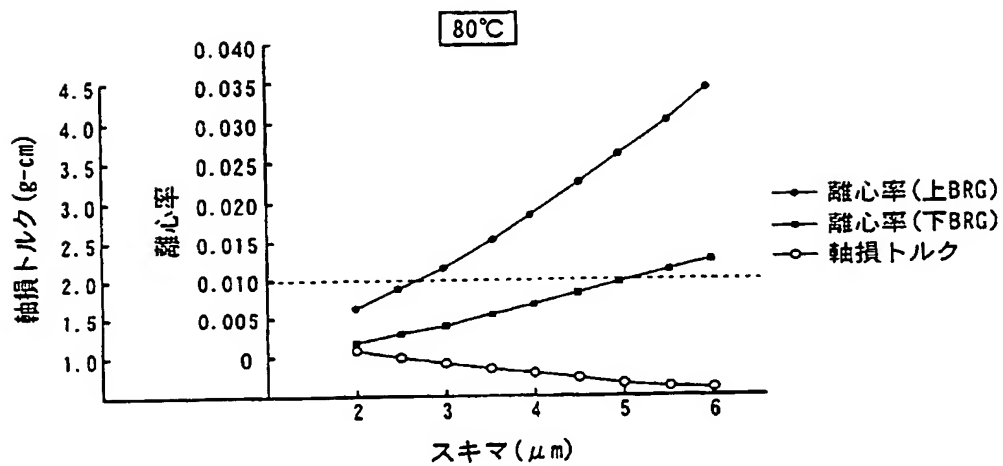


6/16

第8図



第9図



7/16

第10図

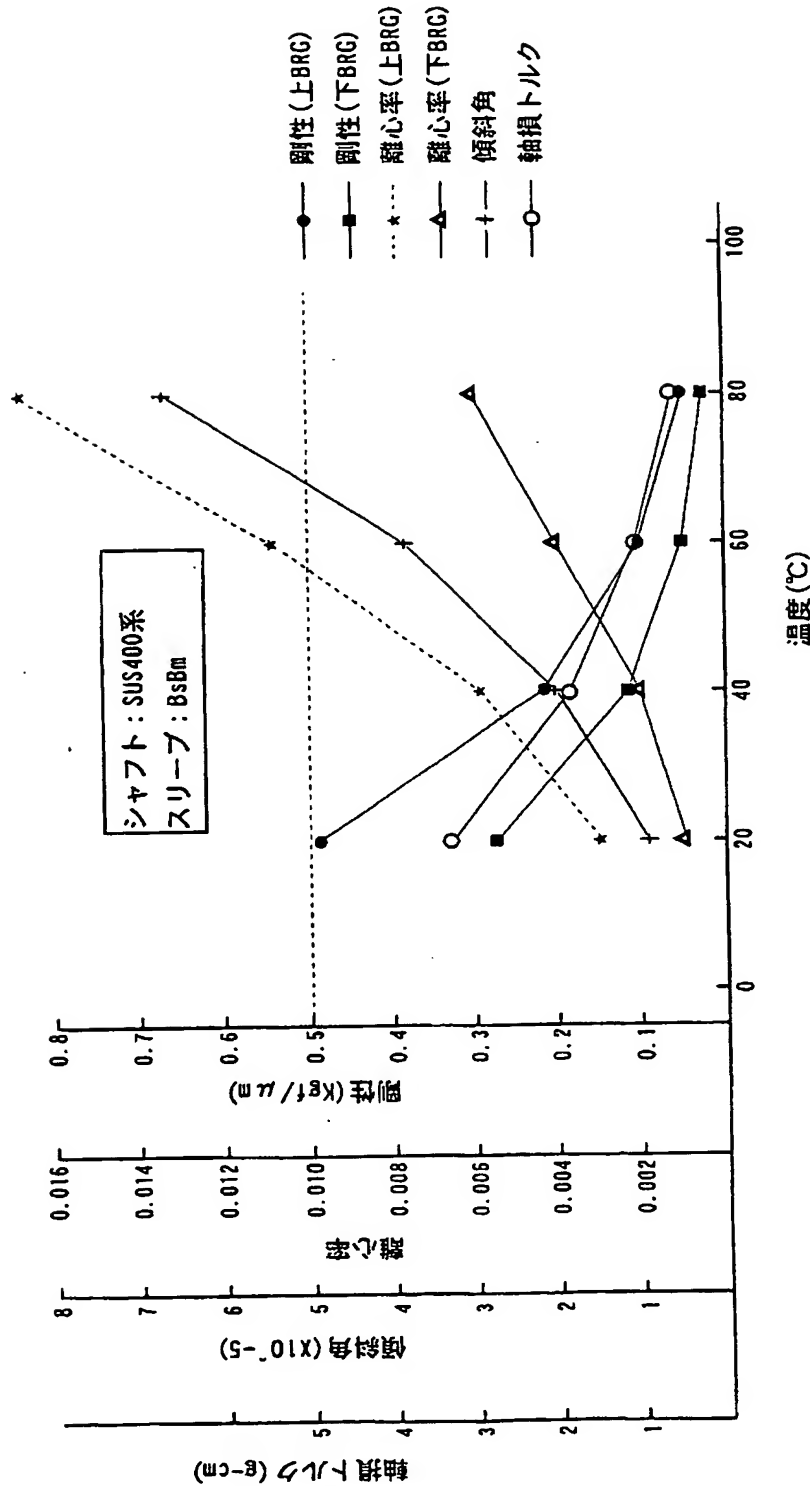
温度変化に伴う隙間の変化量（直径3mmのシャフト）

シャフト材質 線膨張係数($\times 10^{-6}$)		SUS-300系 17.3	SUS-400系 10.3	本発明の アルミ合金 14.0	BsBm 19.1	Bronze 17.8
スリーブ材質 SUS-300系 17.3	温度					
	0	0	-0.4	-0.2	0.1	0
	20	0	0	0	0	0
	40	0	0.4	0.2	-0.1	0
	60	0	0.8	0.4	-0.2	0
	80	0	1.3	0.6	-0.3	-0.1
	100	0	1.7	0.8	-0.4	-0.1
SUS-400系 10.3	0	0.4	0	0.2	0.5	0.5
	20	0	0	0	0	0
	40	-0.4	0	-0.2	-0.5	-0.5
	60	-0.8	0	-0.4	-1.1	-0.9
	80	-1.3	0	-0.7	-1.6	-1.4
	100	-1.7	0	-0.9	-2.1	-1.8
本発明の アルミ合金 14.0	0	0.2	-0.2	0	0.3	0.2
	20	0	0	0	0	0
	40	-0.2	0.2	0	-0.3	-0.2
	60	-0.4	0.4	0	-0.6	-0.5
	80	-0.6	0.7	0	-0.9	-0.7
	100	-0.8	0.9	0	-1.2	-0.9
BsBm 19.1	0	-0.1	-0.5	-0.3	0	-0.1
	20	0	0	0	0	0
	40	0.1	0.5	0.3	0	0.1
	60	0.2	1.1	0.6	0	0.2
	80	0.3	1.6	0.9	0	0.2
	100	0.4	2.1	1.2	0	0.3
Bronze 17.8	0	0	-0.4	-0.2	0	0
	20	0	0	0	0	0
	40	0	0.4	0.2	0	0
	60	0.1	0.9	0.5	-0.1	0
	80	0.1	1.4	0.7	-0.2	0
	100	0.1	1.8	0.9	-0.3	0

※各欄の数値の単位は μm

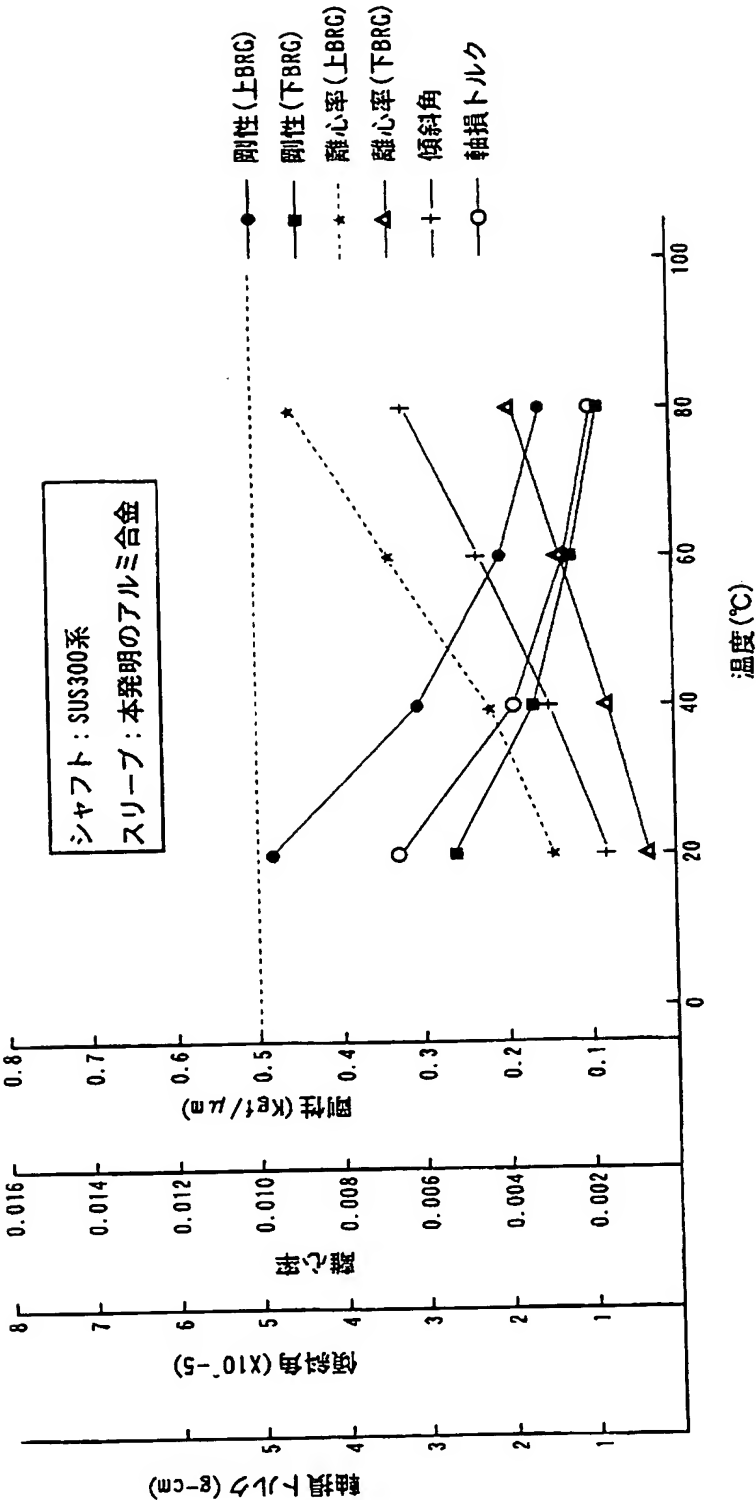
8/16

第 1 1 図



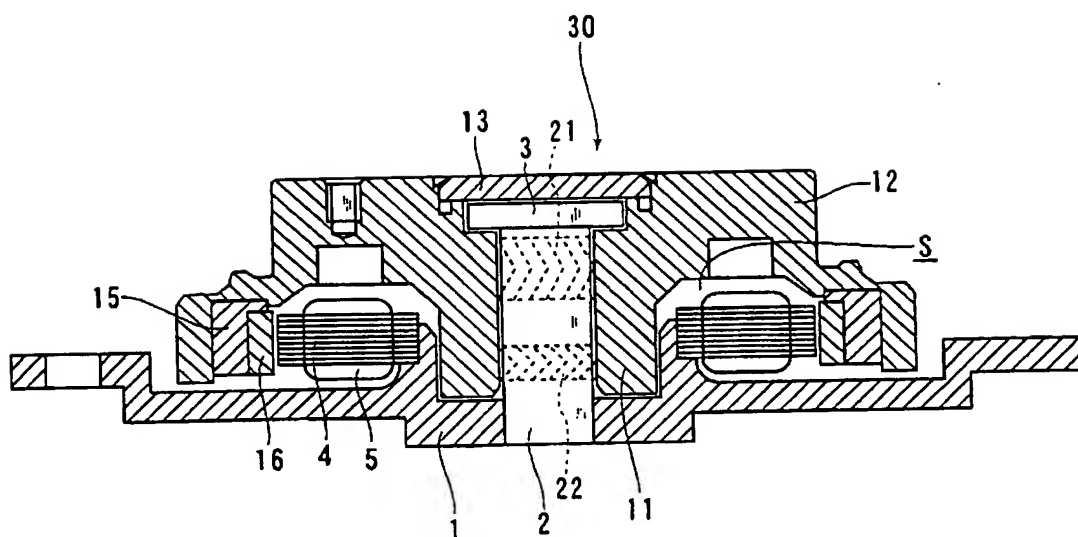
9/16

第 1 2 図



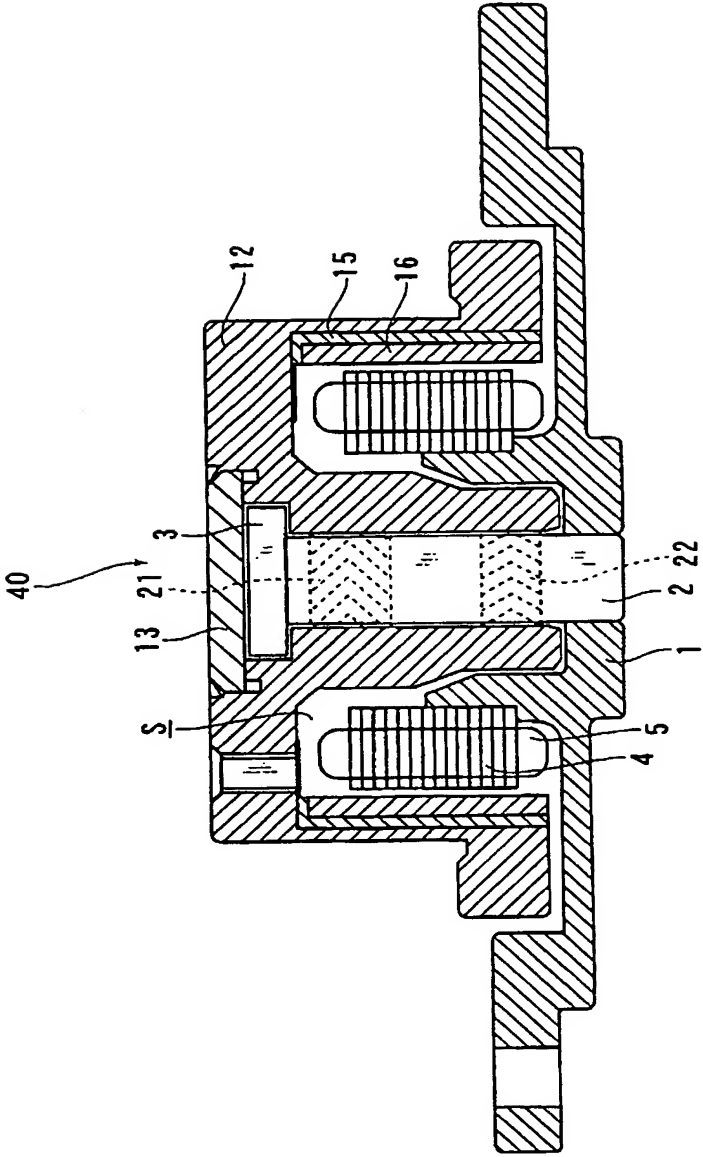
10/16

第 13 図



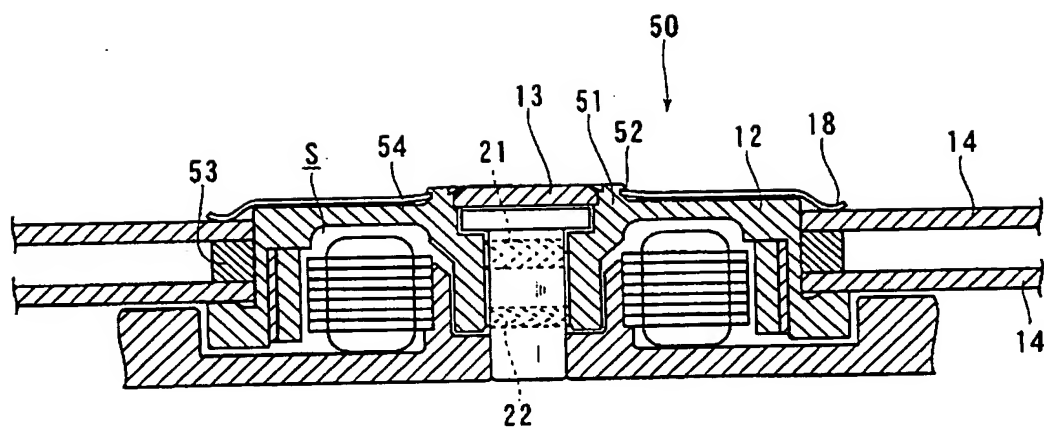
11/16

第 1 4 図



12/16

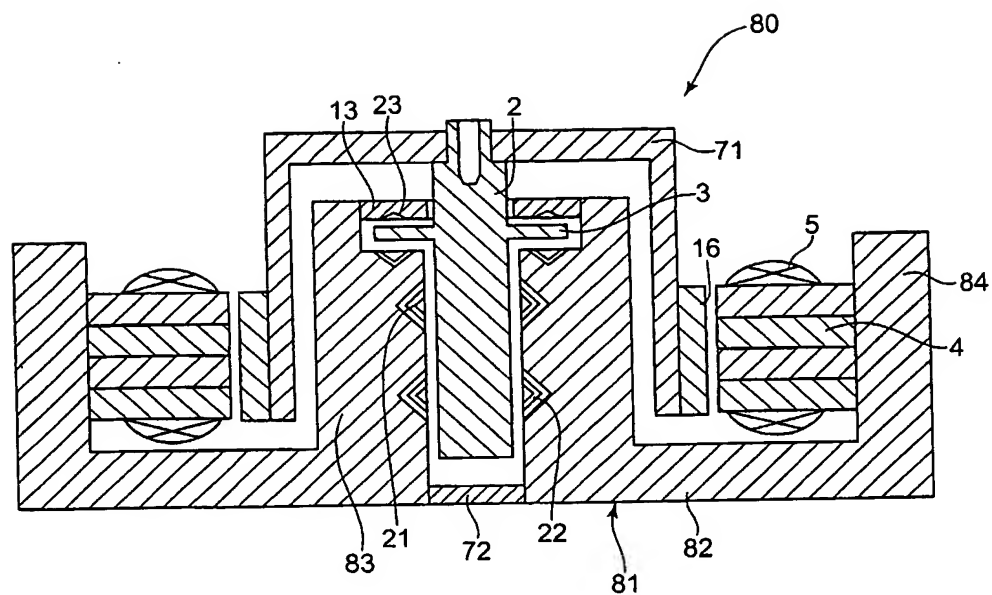
第 1 5 図



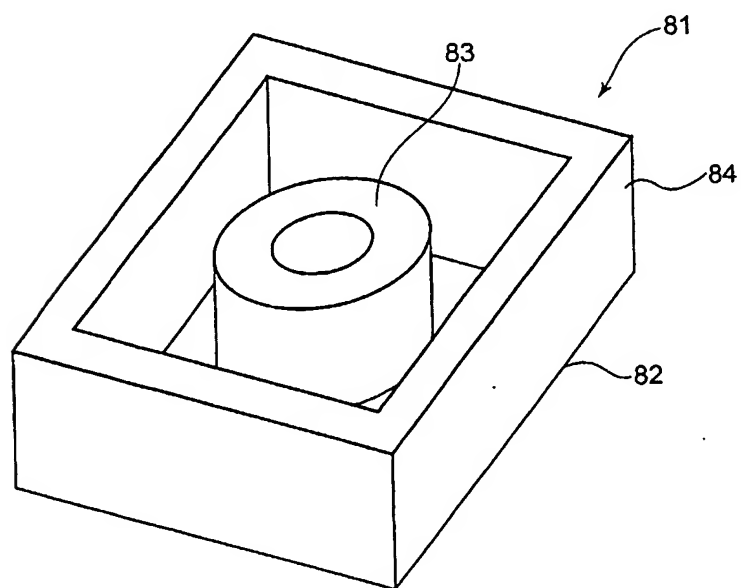
14/16

第 18 図

(A)

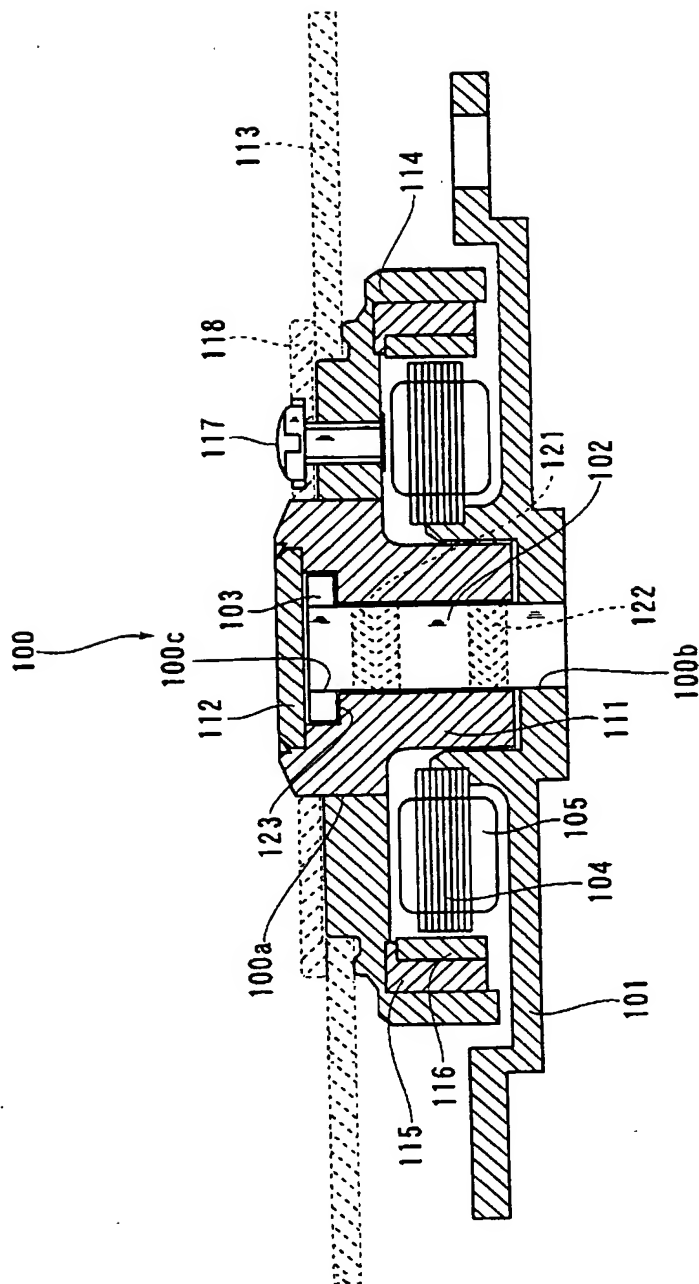


(B)



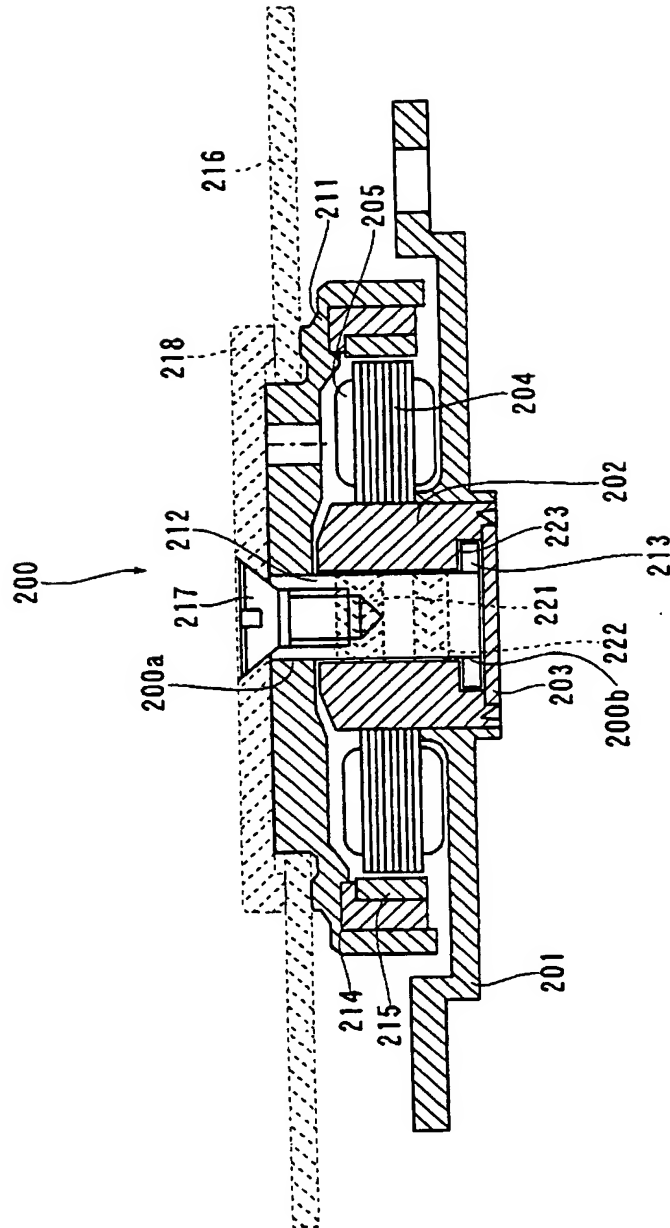
15/16

第 19 図



16/16

第 20 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/09141

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.C1⁷ F16C17/10, F16C17/22, H02K7/08, H02K15/14, H02K21/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.C1⁷ F16C17/10, F16C17/22, H02K7/08, H02K15/14, H02K21/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2002/74880 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS Co., Ltd.), 20 June, 2002 (20.06.02), Full text & JP 2002-84727 A Full text	1-17, 20, 21 18, 19
Y	WO 00/75522 A (NSK Ltd.), 14 December, 2000 (14.12.00), Page 3, line 20 to page 5, line 10 (Family: none)	1-11, 13-15, 17, 20
Y	JP 2001-254732 A (Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd.), 21 September, 2001 (21.09.01), Column 11, lines 8 to 22 (Family: none)	1, 6, 7, 16, 21

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
17 October, 2003 (17.10.03)

Date of mailing of the international search report
28 October, 2003 (28.10.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09141

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-147443 A (NSK Ltd.), 22 May, 2002 (22.05.02), Column 4, line 48 to column 5, line 5 (Family: none)	1, 12
Y	JP 2001-289242 A (NSK Ltd.), 19 October, 2001 (19.10.01), Column 6, lines 10 to 16 (Family: none)	1, 12
Y	JP 2002-5173 A (Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd.), 09 January, 2002 (09.01.02), Full text (Family: none)	1-11, 13-17, 20, 21
Y	JP 2002-18543 A (NSK Ltd.), 22 January, 2002 (22.01.02), Column 4, line 38 to column 5, line 13 (Family: none)	21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/09141

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-11, 13-17, 20, and 21 relate to a dynamic pressure bearing device having a sleeve formed of an aluminum silicon alloy.

Claim 12 relates to the thickness of a thrust plate.

Claim 18 relates to a method of manufacturing the dynamic pressure bearing in which the bottom sides of a shaft and a base are cut out to a specified plane.

Claim 19 relates to a method of manufacturing the dynamic pressure bearing device in which the shaft is connected to the base by inter-molecular connection.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F16C17/10, F16C17/22, H02K7/08,
H02K15/14, H02K21/22

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F16C17/10, F16C17/22, H02K7/08,
H02K15/14, H02K21/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	US 2002/74880 A1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS Co., Ltd.) 2002. 06. 20, 全文 & JP 2002-84727 A, 全文	1-17, 20, 21 18, 19
Y	WO 00/75522 A (日本精工株式会社) 2000. 12. 14, 第3頁第20行-第5頁第10行 (ファミリーなし)	1-11, 13-15, 17, 20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 10. 03

国際調査報告の発送日

28.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
高辻 将人

3 J 9823
印

電話番号 03-3581-1101 内線 3327

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2001-254732 A (株式会社三協精機製作所) 2001. 09. 21, 第11欄第8-22行 (ファミリーなし)	1, 6, 7, 16, 21
Y	J P 2002-147443 A (日本精工株式会社) 2002. 05. 22, 第4欄第48行-第5欄第5行 (ファミリーなし)	1, 12
Y	J P 2001-289242 A (日本精工株式会社) 2001. 10. 19, 第6欄第10-16行 (ファミリーなし)	1, 12
Y	J P 2002-5173 A (株式会社三協精機製作所) 2002. 01. 09, 全文 (ファミリーなし)	1-11, 13-17, 20, 21
Y	J P 2002-18543 A (日本精工株式会社) 2002. 01. 22, 第4欄第38行-第5欄第13行 (ファミリーなし)	21

第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-11, 13-17, 20, 21は、スリーブをアルミシリコン合金で形成した動圧軸受装置に関するものである。

請求項12は、スラスト板の厚さに関するものである。

請求項18は、シャフトとベースの底側を一定の平面になるように切り取る動圧軸受の製造方法に関するものである。

請求項19は、シャフトとベースを分子間結合させる動圧軸受装置の製造方法に関するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。